

10/529332

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

JC17 Rec'd PCT/PTO 24 MAR 2005

Applicant: YASUO NISHI ET AL.)
)
For: PRODUCING METHOD OF ELECTROSTATIC SUCKING TYPE LIQUID)
JETTING HEAD, PRODUCING METHOD OF NOZZLE PLATE,)
DRIVING METHOD OF ELECTROSTATIC SUCKING TYPE LIQUID)
JETTING HEAD, ELECTROSTATIC SUCKING TYPE LIQUID JETTING)
APPARATUS AND LIQUID JETTING APPARATUS)

CLAIM FOR PRIORITY

Mail Stop PCT
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450


Dear Sir:

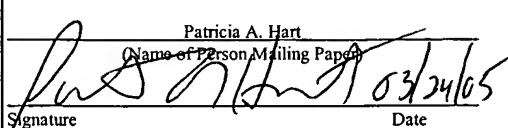
Applicant hereby claims the benefits of the filing date of September 24, 2002 to Japanese Application Nos. 2002-278230, 2002-278233, 2002-278235, and 2002-278246, and of August 13, 2003 to Japanese Application Nos. 2003-293068, 2003-293082, and 2003-293088, and of August 14, 2003 to Japanese Application No. 2003-293418 under provisions of 35 U.S.C. 119 and the International Convention for the protection of Industrial Property.

If any fees are due with regard to this claim for priority, please charge them to Deposit Account No. 06-1130 maintained by Applicant's attorneys.

Respectfully submitted,

CANTOR COLBURN LLP

By 
Daniel P. Lent
Registration No. 44,867

I certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service as Express mail in an envelope addressed to: Mail Stop PCT, Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450 on	
March 24, 2005 (Date of Deposit)	
Patricia A. Hart (Name of Person Mailing Paper)	
 Signature	03/24/05 Date
EV607365965US Express Mail Label	

Date: March 24, 2005
Address: 55 Griffin Road South, Bloomfield, Connecticut 06002
Telephone: (860) 286-2929
Customer No. 023413

BEST AVAILABLE COPY

Rec'd PCT/PTO 24 MAR 2005

PCT/JP 03/12101

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

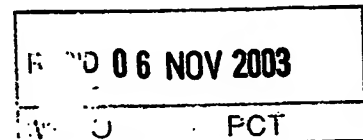
22.09.03

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2003年 8月14日
Date of Application:

出願番号 特願2003-293418
Application Number:
[ST. 10/C]: [JP 2003-293418]



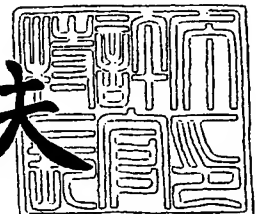
出願人 コニカミノルタホールディングス株式会社
Applicant(s): シャープ株式会社
独立行政法人産業技術総合研究所

PRIORITY
DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2003年10月24日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



BEST AVAILABLE COPY

出証番号 出証特2003-3087990

【書類名】 特許願
【整理番号】 DKY01533
【提出日】 平成15年 8月14日
【あて先】 特許庁長官 殿
【国際特許分類】 B41J 2/015
B41J 2/135

【発明者】
【住所又は居所】 東京都日野市さくら町1番地 コニカテクノロジーセンター株式
会社内
【氏名】 西 泰男

【発明者】
【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区长池町22番22号 シャープ株式会社内
【氏名】 樋口 馨

【発明者】
【住所又は居所】 茨城県つくば市東1-1-1 独立行政法人産業技術総合研究所
つくばセンター内
【氏名】 村田 和広

【発明者】
【住所又は居所】 茨城県つくば市東1-1-1 独立行政法人産業技術総合研究所
つくばセンター内
【氏名】 横山 浩

【特許出願人】
【持分】 34/100
【識別番号】 000001270
【氏名又は名称】 コニカミノルタホールディングス株式会社

【特許出願人】
【持分】 33/100
【識別番号】 000005049
【氏名又は名称】 シャープ株式会社

【特許出願人】
【持分】 33/100
【識別番号】 301021533
【氏名又は名称】 独立行政法人 産業技術総合研究所

【代理人】
【識別番号】 100090033
【弁理士】
【氏名又は名称】 荒船 博司

【先の出願に基づく優先権主張】
【出願番号】 特願2002-278246
【出願日】 平成14年 9月24日

【手数料の表示】
【予納台帳番号】 027188
【納付金額】 14,070円
【その他】 国等以外の全ての者の持分の割合 67/100

【提出物件の目録】
【物件名】 特許請求の範囲 1
【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1

【物件名】

委任状 1

【援用の表示】

平成15年8月5日付け提出のコニカミノルタホールディングス株式会社の包括委任状を援用する。

【書類名】特許請求の範囲

【請求項 1】

ノズル先端から溶液を液滴として吐出する複数のノズルを有する静電吸引型液体吐出ヘッドを製造する製造方法において、

吐出電圧を印加するための複数の吐出電極を基板上に形成し、前記複数の吐出電極全体を被覆するようにして前記基板上に感光性樹脂層を形成し、前記感光性樹脂層を露光・現像することによって、前記感光性樹脂層をそれぞれの前記吐出電極に対応させて前記基板に対して立設するとともにノズル径が $30\mu\text{m}$ 以下のノズル形状に形成するとともに、それぞれの前記ノズル内に当該ノズルの先端部から当該吐出電極まで通ずるようにノズル内流路を形成し、前記複数のノズルに対応した溶液供給チャネルと接合することを特徴とする静電吸引型液体吐出ヘッドの製造方法。

【請求項 2】

少なくともそれぞれの前記溶液供給チャネルの内面を絶縁性とするともに、ノズル先端部の溶液のメニスカス位置制御用の制御電極を前記溶液供給チャネルに設けることを特徴とする請求項 1 に記載の静電吸引型液体吐出ヘッドの製造方法。

【請求項 3】

前記溶液供給チャネルが圧電材料で形成されていることを特徴とする請求項 2 に記載の静電吸引型液体吐出ヘッドの製造方法。

【請求項 4】

前記ノズルのノズル径が $20\mu\text{m}$ 未満であることを特徴とする請求項 1 から 3 の何れか一項に記載の静電吸引型液体吐出ヘッドの製造方法。

【請求項 5】

前記ノズルのノズル径が $10\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項 4 に記載の静電吸引型液体吐出ヘッドの製造方法。

【請求項 6】

前記ノズルのノズル径が $8\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項 5 に記載の静電吸引型液体吐出ヘッドの製造方法。

【請求項 7】

前記ノズルのノズル径が $4\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項 6 に記載の静電吸引型液体吐出ヘッドの製造方法。

【請求項 8】

前記感光性樹脂層がフッ素含有であることを特徴とする請求項 1 から 7 の何れか一項に記載の静電吸引型液体吐出ヘッドの製造方法。

【請求項 9】

請求項 1 から 8 の何れか一項に記載された静電吸引型液体吐出ヘッドの製造方法によって製造された静電吸引型液体吐出ヘッドを駆動する駆動方法において、

それぞれの前記ノズルの先端部を基材に対向させ、それぞれの前記溶液供給チャネルに帯電可能な溶液を供給し、前記複数の吐出電極個別に吐出電圧を印加することを特徴とする静電吸引型液体吐出ヘッドの駆動方法。

【請求項 10】

それぞれの前記ノズル内流路の溶液が当該ノズルの先端部から凸状に盛り上がった状態を形成することを特徴とする請求項 9 に記載の静電吸引型液体吐出ヘッドの駆動方法。

【請求項 11】

それぞれの前記ノズル内流路の溶液が当該ノズルの先端部から凸状に盛り上がった状態を形成した時に当該吐出電極に吐出電圧を印加することを特徴とする請求項 10 に記載の静電吸引型液体吐出ヘッドの駆動方法。

【請求項 12】

請求項 1 から 8 の何れか一項に記載された静電吸引型液体吐出ヘッドの製造方法によって製造された静電吸引型液体吐出ヘッドを備え、それぞれの前記ノズルの先端部が基材に対向して配置可能な静電吸引型液体吐出装置であって、

それぞれの前記ノズル内流路に帯電可能な溶液を供給する溶液供給手段と、
前記複数の吐出電極個別に吐出電圧を印加する吐出電圧印加手段と、を更に備えること
を特徴とする静電吸引型液体吐出装置。

【請求項 13】

それぞれの前記ノズル内流路の溶液が当該ノズルの先端部から凸状に盛り上がった状態
を形成する凸状メニスカス形成手段を、更に備えることを特徴とする請求項 12 に記載の
静電吸引型液体吐出装置。

【請求項 14】

前記吐出電圧印加手段は、前記凸状メニスカス形成手段がそれぞれの前記ノズル内流路
の溶液が当該ノズルの先端部から凸状に盛り上がった状態を形成した時に当該吐出電極に
吐出電圧を印加することを特徴とする請求項 13 に記載の静電吸引型液体吐出装置。

【請求項 15】

前記凸状メニスカス形成手段は、それぞれの前記ノズルに対応して設けられた圧電素子
を有し、それぞれの前記圧電素子は変形によって当該ノズル内流路の溶液の圧力を変化さ
せることを特徴とする請求項 13 又は 14 に記載の静電吸引型液体吐出装置。

【請求項 16】

ノズル先端から溶液を液滴として吐出する複数のノズルを有するノズルプレートを製造
する製造方法において、

吐出電圧を印加するための複数の吐出電極を基板上に形成し、前記複数の吐出電極全体
を被覆するようにして前記基板上に感光性樹脂層を形成し、前記感光性樹脂層を露光・現
像することによって、前記感光性樹脂層をそれぞれの前記吐出電極に対応させて前記基板
に対して立設するとともにノズル径が $30\ \mu\text{m}$ 以下のノズル形状に形成するとともに、そ
れぞれの前記ノズル内に当該ノズルの先端部から当該吐出電極まで通ずるようにノズル内
流路を形成することを特徴とするノズルプレートの製造方法。

【請求項 17】

前記ノズルのノズル径が $20\ \mu\text{m}$ 未満であることを特徴とする請求項 16 に記載のノズ
ルプレートの製造方法。

【請求項 18】

前記ノズルのノズル径が $10\ \mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項 17 に記載のノズ
ルプレートの製造方法。

【請求項 19】

前記ノズルのノズル径が $8\ \mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項 18 に記載のノズ
ルプレートの製造方法。

【請求項 20】

前記ノズルのノズル径が $4\ \mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項 19 に記載のノズ
ルプレートの製造方法。

【請求項 21】

前記感光性樹脂層がフッ素含有であることを特徴とする請求項 16 から 20 の何れか一
項に記載のノズルプレートの製造方法。

【書類名】 明細書

【発明の名称】 静電吸引型液体吐出ヘッドの製造方法、ノズルプレートの製造方法、静電吸引型液体吐出ヘッドの駆動方法及び静電吸引型液体吐出装置

【技術分野】

【0001】

本発明は、基材に液滴を吐出するためのノズルプレートを製造するノズルプレートの製造方法、そのノズルプレートを具備した静電吸引型液体吐出ヘッドの製造方法、その静電吸引型液体吐出ヘッドを駆動する静電吸引型液体吐出ヘッドの駆動方法及びその静電吸引型液体吐出ヘッドを備えた静電吸引型液体吐出装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来のインクジェット記録方式としては、圧電素子の振動によりインク流路を変形させることによりインク液滴を吐出させるピエゾ方式、インク流路内に発熱体を設け、その発熱体を発熱させて気泡を発生させ、気泡によるインク流路内の圧力変化に応じてインク液滴を吐出させるサーマル方式、インク流路内のインクを帯電させてインクの静電吸引力によりインク液滴を吐出させる静電吸引方式が知られている。

【特許文献1】 特開平11-277747号公報（第2図及び第3図）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

しかしながら、上記従来例には以下の問題がある。

(1) 微小液滴形成の限界と安定性

ノズル径が大きいと、ノズルから吐出される液滴の形状が安定しなく、且つ液滴の微小化限界がある。

(2) 高印加電圧

微小液滴の吐出のためには、ノズルの吐出口の微小化を図ることが重要因子となってくるが、従来の静電吸引方式の原理では、ノズル径が大きいことにより、ノズル先端部の電界強度が弱く、液滴を吐出するのに必要な電界強度を得るために、高い吐出電圧（例えば2000[V]に近い非常に高い電圧）を印加する必要があった。従って、高い電圧を印加するために、電圧の駆動制御が高価になり、さらに、安全性の面からも問題があった。

【0004】

そこで、微小液滴を吐出可能な液体吐出装置を提供することを第一の目的とする。また同時に、安定した液滴を吐出することが可能な液体吐出装置を提供することを第二の目的とする。さらに、微小液滴を吐出可能で、且つ着弾精度の良い液体吐出装置の提供を第三の目的とする。さらに、印加電圧を低減することを可能とし、安価で安全性の高い液体吐出装置を提供することを第四の目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0005】

以上の課題を解決するために、請求項1に記載の発明のように、ノズル先端から溶液を液滴として吐出する複数のノズルを有する静電吸引型液体吐出ヘッドを製造する製造方法において、吐出電圧を印加するための複数の吐出電極を基板上に形成し、前記複数の吐出電極全体を被覆するようにして前記基板上に感光性樹脂層を形成し、前記感光性樹脂層を露光・現像することによって、前記感光性樹脂層をそれぞれの前記吐出電極に対応させて前記基板に対して立設するとともにノズル径が30 μ m以下のノズル形状に形成するとともに、それぞれの前記ノズル内に当該ノズルの先端部から当該吐出電極まで通ずるようにノズル内流路を形成し、前記複数ノズルに対応した溶液供給チャネルと接合することを特徴とする静電吸引型液体吐出ヘッドの製造方法を提供する。

【0006】

以下、ノズル径という場合には、液滴が吐出される先端部における内部直径（ノズルの先端部の内部直径）を示すものとする。なお、ノズル内の液体吐出穴の断面形状は円形に

限定されるものではない。例えば、液体吐出穴の断面形状が多角形、星形その他の形状である場合にはその断面形状の外接円が $30[\mu\text{m}]$ 以下となることを示すものとする。以下、ノズル径或いはノズルの先端部の内部直径という場合において、他の数値限定を行っている場合にも同様とする。また、ノズル半径という場合には、このノズル径（ノズルの先端部の内部直径）の $1/2$ の長さを示すものとする。

【0007】

請求項2に記載の発明のように、請求項1に記載の静電吸引型液体吐出ヘッドの製造方法であって、少なくともそれぞれの前記溶液供給チャネルの内面を絶縁性とするともに、ノズル先端部の溶液のメニスカス位置制御用の制御電極を前記溶液供給チャネルに設けることを特徴とする静電吸引型液体吐出ヘッドの製造方法を提供する。

【0008】

請求項3に記載の発明のように、請求項2に記載の静電吸引型液体吐出ヘッドの製造方法であって、前記溶液供給チャネルが圧電材料で形成されていることを特徴とする静電吸引型液体吐出ヘッドの製造方法を提供する。

【0009】

請求項4に記載の発明のように、請求項1から3の何れか一項に記載の静電吸引型液体吐出ヘッドの製造方法であって、前記ノズルのノズル径が $20\mu\text{m}$ 未満であることを特徴とする静電吸引型液体吐出ヘッドの製造方法を提供する。

【0010】

請求項5に記載の発明のように、請求項4に記載の静電吸引型液体吐出ヘッドの製造方法であって、前記ノズルのノズル径が $10\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする静電吸引型液体吐出ヘッドの製造方法を提供する。

【0011】

請求項6に記載の発明のように、請求項5に記載の静電吸引型液体吐出ヘッドの製造方法であって、前記ノズルのノズル径が $8\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする静電吸引型液体吐出ヘッドの製造方法を提供する。

【0012】

請求項7に記載の発明のように、請求項6に記載の静電吸引型液体吐出ヘッドの製造方法であって、前記ノズルのノズル径が $4\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする静電吸引型液体吐出ヘッドの製造方法を提供する。

【0013】

請求項8に記載の発明のように、請求項1から7の何れか一項に記載の静電吸引型液体吐出ヘッドの製造方法であって、前記感光性樹脂層がフッ素含有であることを特徴とする静電吸引型液体吐出ヘッドの製造方法を提供する。

【0014】

請求項9に記載の発明のように、請求項1から8の何れか一項に記載された静電吸引型液体吐出ヘッドの製造方法によって製造された静電吸引型液体吐出ヘッドを駆動する駆動方法において、それぞれの前記ノズルの先端部を基材に対向させ、それぞれの前記溶液供給チャネルに帯電可能な溶液を供給し、前記複数の吐出電極個別に吐出電圧を印加することを特徴とする静電吸引型液体吐出ヘッドの駆動方法を提供する。

【0015】

なお、「基材」とは吐出された溶液の液滴の着弾を受ける対象物をいい材質的には特に限定されない。従って、例えば、上記構成をインクジェットプリンタに適応した場合には、用紙やシート等の記録媒体が基材に相当し、導電性ペーストを用いて回路の形成を行う場合には、回路が形成されるべきペースが基材に相当することとなる。

【0016】

請求項10に記載の発明のように、請求項9に記載の静電吸引型液体吐出ヘッドの駆動方法であって、それぞれの前記ノズル内流路の溶液が当該ノズルの先端部から凸状に盛り上がった状態を形成することを特徴とする静電吸引型液体吐出ヘッドの駆動方法を提供する。

【0017】

請求項11に記載の発明のように、請求項10に記載の静電吸引型液体吐出ヘッドの駆動方法であって、それぞれの前記ノズル内流路の溶液が当該ノズルの先端部から凸状に盛り上がった状態を形成した時に当該吐出電極に吐出電圧を印加することを特徴とする静電吸引型液体吐出ヘッドの駆動方法を提供する。

【0018】

請求項12に記載の発明のように、請求項1から8の何れか一項に記載された静電吸引型液体吐出ヘッドの製造方法によって製造された静電吸引型液体吐出ヘッドを備え、それぞれの前記ノズルの先端部が基材に対向して配置可能な静電吸引型液体吐出装置であって、それぞれの前記ノズル内流路に帯電可能な溶液を供給する溶液供給手段と、前記複数の吐出電極個別に吐出電圧を印加する吐出電圧印加手段と、を更に備えることを特徴とする静電吸引型液体吐出装置を提供する。

【0019】

請求項13に記載の発明のように、請求項12に記載の静電吸引型液体吐出装置であって、それぞれの前記ノズル内流路の溶液が当該ノズルの先端部から凸状に盛り上がった状態を形成する凸状メニスカス形成手段を、更に備えることを特徴とする静電吸引型液体吐出装置を提供する。

【0020】

請求項14に記載の発明のように、請求項13に記載の静電吸引型液体吐出装置であって、前記吐出電圧印加手段は、前記凸状メニスカス形成手段がそれぞれの前記ノズル内流路の溶液が当該ノズルの先端部から凸状に盛り上がった状態を形成した時に当該吐出電極に吐出電圧を印加することを特徴とする静電吸引型液体吐出装置を提供する。

【0021】

請求項15に記載の発明のように、請求項13又は14に記載の静電吸引型液体吐出装置であって、前記凸状メニスカス形成手段は、それぞれの前記ノズルに対応して設けられた圧電素子を有し、それぞれの前記圧電素子は変形によって当該ノズル内流路の溶液の圧力を変化させることを特徴とする静電吸引型液体吐出装置を提供する。

【0022】

請求項16に記載の発明のように、ノズル先端から溶液を液滴として吐出する複数のノズルを有するノズルプレートを製造する製造方法において、吐出電圧を印加するための複数の吐出電極を基板上に形成し、前記複数の吐出電極全体を被覆するようにして前記基板上に感光性樹脂層を形成し、前記感光性樹脂層を露光・現像することによって、前記感光性樹脂層をそれぞれの前記吐出電極に対応させて前記基板に対して立設するとともにノズル径が $30\mu\text{m}$ 以下のノズル形状に形成するとともに、それぞれの前記ノズル内に当該ノズルの先端部から当該吐出電極まで通ずるようにノズル内流路を形成することを特徴とするノズルプレートの製造方法を提供する。

【0023】

請求項17に記載の発明のように、請求項16に記載のノズルプレートの製造方法であって、前記ノズルのノズル径が $20\mu\text{m}$ 未満であることを特徴とするノズルプレートの製造方法を提供する。

【0024】

請求項18に記載の発明のように、請求項17に記載のノズルプレートの製造方法であって、前記ノズルのノズル径が $10\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とするノズルプレートの製造方法を提供する。

【0025】

請求項19に記載の発明のように、請求項18に記載のノズルプレートの製造方法であって、前記ノズルのノズル径が $8\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とするノズルプレートの製造方法を提供する。

【0026】

請求項20に記載の発明のように、請求項19に記載のノズルプレートの製造方法であ

って、前記ノズルのノズル径が $4\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とするノズルプレートの製造方法を提供する。

【0027】

請求項21に記載の発明のように、請求項16から20の何れか一項に記載のノズルプレートの製造方法であって、前記感光性樹脂層がフッ素含有であることを特徴とするノズルプレートの製造方法を提供する。

【0028】

本発明では、ノズルを従来にない超微小径とすることでノズル先端部に電界を集中させて電界強度を高めることに特徴がある。ノズルの小径化に関しては後の記載により詳述する。かかる場合、ノズルの先端部に対向する対向電極がなくとも液滴の吐出を行うことが可能である。例えば、対向電極が存在しない状態で、ノズル先端部に対向させて基材を配置した場合、当該基材が導体である場合には、基材の受け面を基準としてノズル先端部の面対称となる位置に逆極性の鏡像電荷が誘導され、基材が絶縁体である場合には、基材の受け面を基準として基材の誘電率により定まる対称位置に逆極性の映像電荷が誘導される。そして、ノズル先端部に誘起される電荷と鏡像電荷又は映像電荷間での静電力により液滴の飛翔が行われる。

【0029】

但し、本発明の構成は、対向電極を不要とすることを可能とするが、対向電極を併用しても構わない。対向電極を併用する場合には、当該対向電極の対向面に沿わせた状態で基材を配置すると共に対向電極の対向面がノズルからの液滴吐出方向に垂直に配置されることが望ましく、ノズル-対向電極間での電界による静電力を飛翔電極の誘導のために併用することも可能となるし、対向電極を接地すれば、帯電した液滴の電荷を対向電極を介して逃がすことができ、電荷の蓄積を低減する効果も得られるので、むしろ併用することが望ましい構成といえる。

【0030】

また、請求項1、16に記載の発明のように、感光性樹脂層を露光・現像するだけでノズルを形成するので、ノズル形状への柔軟性、多数のノズルを有したラインヘッドへの対応性、製造コストにおいて有利である。

【0031】

また、請求項2に記載の発明において、メニスカス位置制御用の制御電極とは、溶液供給チャネルに設けられ、制御電極に電圧を印加することにより溶液供給チャネルの容積を変化させ、ノズル先端部の溶液のメニスカス位置を制御するものである。

【0032】

また、請求項2に記載の発明において、溶液供給チャネルの内面を絶縁性とするのは、吐出電極と制御電極との間に存する溶液を介してのストロークを防止するためであり、溶液供給チャネルに設けられた制御電極を絶縁層で被覆すれば良い。絶縁層のレベルは、溶液の導電性及び印加電圧を考慮して材質及び膜厚を決める必要がある。例えばパリレン樹脂の蒸着、 SiO_2 、 Si_3N_4 のCVD等が適当である。

【0033】

また、請求項10、13に記載の発明のように、それぞれのノズルの先端部においてノズル内流路の溶液が先端部から凸状に盛り上がっているため、溶液の凸状の部分において電界が集中し、電界強度が非常に高まる。そのため、電極に印加する電圧が低くても、溶液の表面張力を抗して、液滴が先端部から吐出し、液滴の飛翔が行われる。

【0034】

請求項4、17に記載の発明のようにノズルの内部直径を $20[\mu\text{m}]$ 未満とすることにより、電界強度分布が狭くなる。このことにより、電界を集中させることができる。その結果、形成される液滴を微小で且つ形状の安定化したものとすることができると共に、総印加電圧を低減することができる。また、液滴は、ノズルから吐出された直後、電界と電荷の間に働く静電力により加速されるが、ノズルから離れると電界は急激に低下するので、その後は、空気抵抗により減速する。しかしながら、微小液滴でかつ電界が集中した

液滴は、基材や対向電極に近づくにつれ、鏡像力により加速される。この空気抵抗による減速と鏡像力による加速とのバランスをとることにより、微小液滴を安定に飛翔させ、着弾精度を向上させることが可能となる。

【0035】

請求項5、18に記載の発明のようにノズルの内部直径を10 [μm] 以下とすることにより、さらに電界を集中させることが可能となり、さらなる液滴の微小化と、飛翔時に対向電極の距離の変動が電界強度分布に影響することを低減させることができるので、対向電極の位置精度や基材の特性や厚さの液滴形状への影響や着弾精度への影響を低減することができる。

【0036】

請求項6、19に記載の発明のようにノズルの内部直径を8 [μm] 以下とすることにより、さらに電界を集中させることが可能となり、さらなる液滴の微小化と、飛翔時に対向電極や基材の距離の変動が電界強度分布に影響することを低減させることができるので、対向電極や基材の位置精度や基材の特性や厚さの液滴形状への影響や着弾精度への影響を低減することができる。

【0037】

請求項7、20に記載の発明のようにノズルの内部直径を4 [μm] 以下とすることにより、顕著な電界の集中を図ることができ、最大電界強度を高くすることができ、形状の安定な液滴の超微小化と、液滴の初期吐出速度を大きくすることができる。これにより、飛翔安定性が向上することにより、着弾精度をさらに向上させ、吐出応答性を向上することができる。

【0038】

また、ノズルの内部直径は0.2 [μm] より大きい方が望ましい。ノズルの内径を0.2 [μm] より大きくすることで、液滴の帯電効率を向上させることができるので、液滴の吐出安定性を向上させることができる。

(1) 上記各請求項の構成において、ノズル（つまり、感光性樹脂層）を電気絶縁材で形成するとともにノズル内に吐出電圧印加用の電極を挿入し又は当該電極として機能するメッキ形成を行うことが好ましい。

(2) 上記各請求項の構成又は上記(1)の構成において、ノズル（つまり、感光性樹脂層）を電気絶縁材で形成し、ノズル内に電極を挿入或いは電極としてのメッキを形成すると共にノズルの外側にも吐出用の電極を設けることが好ましい。

【0039】

ノズルの外側の吐出用電極は、例えば、ノズル先端側端面或いは、ノズルの先端部側の側面の全周若しくは一部に設けられる。

【0040】

(1) 及び(2)により、上記各請求項による作用効果に加え、吐出力を向上させることができるので、ノズル径をさらに微小化しても、低電圧で液滴を吐出することができる。

(3) 上記各請求項の構成、上記(1)又は(2)の構成において、基材を導電性材料または絶縁性材料により形成することが好ましい。

(4) 上記各請求項の構成、上記(1)、(2)又は(3)の構成において、吐出電極に印加される吐出電圧Vは次式(1)の範囲を満足することが好ましい。

【0041】

【数1】

$$h\sqrt{\frac{\gamma\pi}{\epsilon_0 d}} > V > \sqrt{\frac{\gamma kd}{2\epsilon_0}} \quad (1)$$

ただし、 γ : 溶液の表面張力 [N/m]、 ϵ_0 : 真空の誘電率 [F/m]、 d : ノズル

直径 [m]、h: ノズル-基材間距離 [m]、k: ノズル形状に依存する比例定数 (1.5 < k < 8.5) とする。

(5) 上記各請求項の構成、上記 (1)、(2)、(3) 又は (4) の構成において、印加する吐出電圧が 1000 [V] 以下であることが好ましい。

【0042】

吐出電圧の上限値をこのように設定することにより、吐出制御を容易とすると共に装置の耐久性の向上及び安全対策の実行により確実性の向上を容易に図ることが可能となる。

(6) 上記各請求項の構成、上記 (1)、(2)、(3)、(4) 又は (5) の構成において、印加する吐出電圧が 500 [V] 以下であることが好ましい。

【0043】

吐出電圧の上限値をこのように設定することにより、吐出制御をより容易とすると共に装置の耐久性のさらなる向上及び安全対策の実行により確実性のさらなる向上を容易に図ることが可能となる。

(7) 上記各請求項の構成、上記 (1) ~ (6) いずれかの構成において、ノズルと基材との距離が 500 [μ m] 以下とすることが、ノズル径を微小にした場合でも高い着弾精度を得ることができるので好ましい。

(8) 上記各請求項の構成、上記 (1) ~ (7) いずれかの構成において、ノズル内の溶液に圧力を印加するように構成することが好ましい。

(9) 上記各請求項の構成、上記 (1) ~ (8) いずれかの構成において、単一パルスによって吐出する場合、

【数2】

$$\tau = \frac{\epsilon}{\sigma} \quad (2)$$

により決まる時定数 τ 以上のパルス幅 Δt を印加する構成としても良い。ただし、 ϵ : 溶液の誘電率 [F/m]、 σ : 溶液の導電率 [S/m] とする。

【発明の効果】

【0044】

本発明では、感光性樹脂層を露光・現像するだけでノズルを形成するので、ノズル形状への柔軟性、多数のノズルを有したラインヘッドへの対応性、製造コストにおいて有利である。

【0045】

また、複数のノズル形状を形成し、それぞれのノズル内流路を電極に導いているため、それぞれのノズル内流路に供給された溶液に電極を通じて吐出電圧を印加することができる。電極に吐出電圧が印加されることで、ノズル形状の先端部から液滴が吐出され、基材に着弾した液滴がドットとなるパターンが基材に形成される。このようなノズル形状が基板上に複数形成されているため、パターンを速く形成することができる。

【0046】

かかる場合、ノズルの先端部に対向する対向電極がなくとも液滴の吐出を行うことが可能である。例えば、対向電極が存在しない状態で、ノズル先端部に対向させて基材を配置した場合、当該基材が導体である場合には、基材の受け面を基準としてノズル先端部の面対称となる位置に逆極性の鏡像電荷が誘導され、基材が絶縁体である場合には、基材の受け面を基準として基材の誘電率により定まる対称位置に逆極性の映像電荷が誘導される。そして、ノズル先端部に誘起される電荷と鏡像電荷又は映像電荷間での静電力により液滴の飛翔が行われる。

【0047】

さらに、本発明では、それぞれのノズル形状の先端部においてノズル内流路の溶液が先端部から凸状に盛り上げているため、電極に印加する電圧が低い場合であっても溶液の凸状の部分において電界が集中し、電界強度が非常に高めている。そのため、電極に印加す

る電圧が低くても、液滴がノズル形状の先端部から吐出する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0048】

以下に、本発明を実施するための形態について図面を用いて説明する。但し、以下に述べる実施形態には、本発明を実施するために技術的に好ましい種々の限定が付されているが、発明の範囲を以下の実施形態及び図示例に限定するものではない。

【0049】

以下の実施形態で説明する静電吸引型液体吐出装置に備わった各ノズルのノズル径は、30 [μm] 以下であることが好ましく、さらに好ましくは20 [μm] 未満、さらに好ましくは10 [μm] 以下、さらに好ましくは8 [μm] 以下、さらに好ましくは4 [μm] 以下とすることが好ましい。また、ノズル径は、0.2 [μm] より大きいことが好ましい。以下、ノズル径と電界強度との関係について、図1～図6を参照しながら以下に説明する。図1～図6に対応して、ノズル径を $\phi 0.2$, 0.4 , 1 , 8 , 20 [μm] 及び参考として従来にて使用されているノズル径 $\phi 50$ [μm] の場合の電界強度分布を示す。

【0050】

ここで、各図において、ノズル中心位置とは、ノズル先端の液体吐出孔の液体吐出面の中心位置を示す。また、各々の図の(a)は、ノズルと対向電極との距離が2000 [μm] に設定されたときの電界強度分布を示し、(b)は、ノズルと対向電極との距離が100 [μm] に設定されたときの電界強度分布を示す。なお、印加電圧は、各条件とも200 [V] と一定にした。図中の分布線は、電荷強度が 1×10^6 [V/m] から 1×10^7 [V/m] までの範囲を示している。

【0051】

図7に、各条件下での最大電界強度を示す図表を示す。

【0052】

図1～図6から、ノズル径が $\phi 20$ [μm] (図5) 以上だと電界強度分布は広い面積に広がっていることが分かった。また、図7の図表から、ノズルと対向電極の距離が電界強度に影響していることも分かった。

【0053】

これらのことから、ノズル径が $\phi 8$ [μm] (図4) 以下であると電界強度は集中すると共に、対向電極の距離の変動が電界強度分布にほとんど影響することがなくなる。従って、ノズル径が $\phi 8$ [μm] 以下であれば、対向電極の位置精度及び基材の材料特性のバラつきや厚さのバラツキの影響を受けずに安定した吐出が可能となる。

【0054】

次に、ノズルのノズル径とノズルの先端位置に液面があるとした時の最大電界強度との関係を図8に示す。

【0055】

図8に示すグラフから、ノズル径が $\phi 4$ [μm] 以下になると、電界集中が極端に大きくなり最大電界強度を高くすることができるのが分かった。これによって、溶液の初期吐出速度を大きくすることができるので、液滴の飛翔安定性が増すと共に、ノズル先端部での電荷の移動速度が増すために吐出応答性が向上する。

【0056】

続いて、吐出した液滴における帯電可能な最大電荷量について、以下に説明する。液滴に帯電可能な電荷量は、液滴のレイリー分裂(レイリー限界)を考慮した以下の(3)式で示される。

【0057】

【数3】

$$q = 8 \times \pi \times (\epsilon_0 \times \gamma \times \frac{d_0^3}{8})^2 \quad (3)$$

ここで、 q はレイリー限界を与える電荷量[C]、 ϵ_0 は真空の誘電率[F/m]、 γ は溶液の表面張力[N/m]、 d_0 は液滴の直径[m]である。

【0058】

上記(3)式で求められる電荷量 q がレイリー限界値に近いほど、同じ電界強度でも静電力が強く、吐出の安定性が向上するが、レイリー限界値に近すぎると、逆にノズルの液体吐出孔で溶液の霧散が発生してしまい、吐出安定性に欠けてしまう。

【0059】

ここで、ノズルのノズル径とノズル先端部で吐出する液滴が飛翔を開始する吐出開始電圧、該初期吐出液滴のレイリー限界での電圧値及び吐出開始電圧とレイリー限界電圧値の比との関係を示すグラフを図9に示す。

【0060】

図9に示すグラフから、ノズル径が $\phi 0.2$ [μm] から $\phi 4$ [μm] の範囲において、吐出開始電圧とレイリー限界電圧値の比が0.6を超え、液滴の帯電効率が良い結果となっており、該範囲において安定した吐出が行えることが分かった。

【0061】

例えば、図10に示すノズル径とノズル先端部の強電界(1×10^6 [V/m] 以上)の領域の関係で表されるグラフでは、ノズル径が $\phi 0.2$ [μm] 以下になると電界集中の領域が極端に狭くなることが示されている。このことから、吐出する液滴は、加速するためのエネルギーを十分に受けることができず飛翔安定性が低下することを示す。よって、ノズル径は $\phi 0.2$ [μm] より大きく設定することが好ましい。

【0062】

本実施形態の静電吸引型液滴吐出装置は、図11に示されるように凸状メニスカス形成手段としての液室隔壁106, 106, …及び液室隔壁107, 107, …が設けられた静電吸引型液体吐出ヘッド100と、液体吐出ヘッド100の各溶液供給チャネル101への溶液の供給圧力を付与する図示しない供給ポンプと、液体吐出ヘッド100を駆動するための回路(図13、図14に示された吐出電圧印加手段25及び対向電極23)と、から構成されている。

【0063】

まず、図11を用いて液体吐出ヘッド100について説明する。ここで、図11は、液体吐出ヘッド100の底面を紙面手前側にして示すとともに液体吐出ヘッド100を一部破断して示した斜視図である。図11に示すように、液体吐出ヘッド100は、液室としての溶液供給チャネル101を複数内部に形成した液室構造102と、液室構造102の底部に取り付けられた、帯電可能な溶液を液滴としてその先端部から吐出する超微小径のノズル103をそれぞれの溶液供給チャネル101に対応して具備したノズルプレート104と、を備える。

【0064】

液室構造102について説明する。図12は、液室構造102を底面方向から見て一つの溶液供給チャネル101を主に示した断面図である。図11及び図12に示すように、液室構造102は液室側壁105を具備し、液室側壁105に対して一体的に突条に形成された複数の第一液室隔壁106, 106, …が互いに平行となるように液室側壁105に設けられている。それぞれの第一液室隔壁106には第二液室隔壁107が積み重なっており、第二液室隔壁107は接着剤層108を介して第一液室隔壁106に接着固定されている。これにより、液室側壁105上においては、第一液室隔壁106及び第二液室隔壁108の一对からなる突条が複数互いに平行に配列していることによって複数の溝が形成されている。そして、カバープレート110が、液室側壁105に対向するように且

つ前記複数の溝を被覆するようにして、第二液室側壁107, 107, …上に接着剤層109を介して接着固定されている。これにより、一对の第一液室隔壁106と、一对の第二液室隔壁107と、液室側壁105と、カバープレート110とによって区画された溶液供給チャンネル101が複数形成される。この液室構造102の底面においては、各溶液供給チャンネル101の底が開口しており、液室構造102の底面に後述するノズルプレート104を接着固定することで各溶液供給チャンネル101を塞ぐ。ノズルプレート104には、各溶液供給チャンネル101に対応してノズル103が形成されている。

【0065】

各溶液供給チャンネル101は、液室側壁105の上端面111に近いところで浅くなっており、上端面111付近に浅溝118が形成されている。カバープレート110の上部には、液体導入口119、それに接続したマニホールド120が形成されている。そして、各溶液供給チャンネル101がカバープレート110で覆われることにより、各溶液供給チャンネル101の上端部がマニホールド120及び液体導入口119を介して溶液を貯蔵した液体供給源に接続される。この液体吐出ヘッド100には各溶液供給チャンネル101への溶液の供給圧力を付与する図示しない供給ポンプ（溶液供給手段）を備え付けられており、この供給ポンプによって付与された圧力により液体供給源から各溶液供給チャンネル101に溶液が供給される。この供給ポンプは、後述するノズル103の先端部から溶液がこぼれ出さない範囲の供給圧力を維持して溶液の供給を行う。

【0066】

液室隔壁106, 107の壁面には制御電極121が設けられており、制御電極121上に絶縁層125が設けられている。制御電極121を絶縁層125で被覆して溶液供給チャンネル101の内壁を絶縁性とするのは、後述するノズルプレート104の吐出電極142と制御電極121との間に存する溶液を通じてストロークが発生することを防止するためである。絶縁層125の材質及び膜厚については、溶液の導電性及び印加電圧を考慮して決める必要がある。絶縁層125としては、パリレン樹脂を蒸着法で成膜したもの、 SiO_2 、 Si_3N_4 をCVD法で成膜したものが適当である。

【0067】

第一液室側壁106の設けられた液室側壁105の面と反対となる面に取り付けられた駆動基板122には、各溶液供給チャンネル101に対応した導電パターン123が形成され、その導電パターン123と制御電極121はワイヤボンディング法によって導線124で接続されている。

【0068】

液室隔壁106, 107は圧電セラミックプレートで、強誘電性を有するチタン酸ジルコン酸鉛系（PZT）の圧電セラミック材料で形成されており、積層方向でかつ互いに相反する方向に分極されている。液室隔壁106, 107は、制御電極121に電圧が印加されることで変形し、溶液供給チャンネル101内の溶液に圧力が付与されるが、液滴隔壁106, 107単独での圧力では、後述するノズル103の先端部から液滴が吐出せずに、ノズル103の先端部から外部に突出した凸状メニスカスが形成されるだけである。つまり、これら液室隔壁106, 106, …及び液室隔壁107, 107, …は、それぞれのノズル内流路145の溶液が先端部から凸状に盛り上がった状態を形成する凸状メニスカス形成手段を構成していることになる。

【0069】

次に、ノズルプレート104について説明する。図13は、ノズルプレート104の底面図であり、図14は、ノズルプレート104を切断線A-A'で破断して示した断面図である。ノズルプレート104は、ベースとなる電気絶縁性の基板141と、基板141の表面141aに形成された複数の吐出電極142, 142, …と、複数の吐出電極142, 142, …を介して基板141の表面141a一面に積層されたノズル層143と、を備える。

【0070】

基板141の裏面142bは、上記の液室構造102の底面に接着剤等を介して固着し

ている。また、基板141には複数の貫通孔141c, 141c, …が形成されており、これら貫通孔141c, 141c, …はそれぞれ溶液供給チャネル101に対応するように配列されており、それぞれの溶液供給チャネル101に連通している。つまり、貫通孔141cは、溶液供給チャネル101の下部を構成している。

【0071】

吐出電極142, 142, …は、それぞれの貫通孔141cに対応するように形成されている。各吐出電極142は対応する貫通孔141cを塞ぐようにして基板141の表面141aに形成されており、底面視した場合に各吐出電極142が対応する貫通孔141cに重なっている。つまり、各吐出電極142は、対応する溶液供給チャネル101に面しており、対応する溶液供給チャネル101の底面を構成している。吐出電極142には、貫通孔141cに重なった部分において貫通穴142aが形成されており、この貫通穴142aは対応した溶液供給チャネル101に連通している。また、それぞれの吐出電極142には一体的に形成された配線144が接続されており、それぞれの配線144は後述するバイアス電源30に接続されている。図面においては、底面視した場合に吐出電極142がリング状を呈しており、配線144が方状を呈しているが、本発明はこのような形状に限定されるわけではない。

【0072】

ノズル層143には複数のノズル103, 103, …が一体的に形成されており、複数のノズル103, 103, …が一行になつて並んでいる。各ノズル103は、基板141に対して略直角に立設するように（垂下するように）形成されている。これらノズル103, 103, …はそれぞれ溶液供給チャネル101に対応するように配列されており、底面視した場合に各ノズル103が対応する貫通孔141cに重なっている。各ノズル103にはその先端部からその中心線に沿って貫通するノズル内流路145が形成されており、ノズル内流路145の末端となるノズル孔103aが各ノズル103の先端部に形成されている。ノズル内流路145は、吐出電極142の貫通穴142aを通じて対応する溶液供給チャネル101に連通しており、吐出電極142がノズル内流路145に面している。各溶液供給チャネル101に供給された溶液は、貫通孔141c及びノズル内流路145内にも供給され、各溶液供給チャネル101及び各ノズル内流路145内において吐出電極142に直接接する。なお、図面においては、複数のノズル103, 103, …が一行になつて並んでいるが、二列以上になつて並んでいても良いし、マトリクス状に並んでいても良い。

【0073】

これらノズル103, 103, …を含めてノズル層143は電気絶縁性を有しており、ノズル内流路145の内面も電気絶縁性を有している。また、これらノズル103, 103, …を含めてノズル層143が撥水性を有していても良いし（例えば、ノズル層143がフッ素を含有した樹脂で形成されている。）、ノズル103, 103, …の表層に撥水性を有する撥水膜が形成されていても良い（例えば、ノズル103, 103, …の表面に金属膜が形成され、更にその金属膜上にその金属と撥水性樹脂との共析メッキによる撥水層が形成されている。）。ここで撥水性とは、ノズル103で吐出する溶液に対してはじく性質である。また、溶液に応じた撥水処理方法を選択することによって、ノズル層143の撥水性をコントロールすることができる。撥水処理方法としては、カチオン系又はアニオン系の含フッ素樹脂の電着、フッ素系高分子、シリコン系樹脂、ポリジメチルシロキサン塗布、焼結法、フッ素系高分子の共析メッキ法、アモルファス合金薄膜の蒸着法、モノマーとしてのヘキサメチルジシロキサンをプラズマCVD法によりプラズマ重合させることにより形成されるポリジメチルシロキサン系を中心とする有機シリコン化合物やフッ素系含有シリコン化合物等の膜を付着させる方法がある。

【0074】

それぞれのノズル103についてさらに詳説する。ノズル103は、その先端部における開口径とノズル内流路22とが均一であつて、前述の通り、これらが超微小径で形成されている。ノズル103の形状は、先端部に向かうにつれて径が細くなるように先端部で

尖鋭に形成されており、限りなく円錐形に近い円錐台形に形成されている。具体的な各部の寸法の一例を挙げると、ノズル内流路 145 の内部直径は、30[μm]以下、さらに20[μm]未満、さらに10[μm]以下、さらに8[μm]以下、さらに4[μm]以下が好ましく、本実施形態ではノズル内流路 145 の内部直径が1[μm]に設定されている。そして、ノズル 103 の先端部における外部直径は2[μm]、ノズル 103 の根元の直径は5[μm]、ノズル 103 の高さは100[μm]に設定されている。

【0075】

なお、ノズル 103 の各寸法は、上記一例に限定されるものではない。特にノズル内径については、後述する電界集中の効果により液滴の吐出を可能とする吐出電圧が1000[V]未満を実現する範囲であって、例えば、ノズル直径70[μm]以下であり、より望ましくは、直径20[μm]以下であって、現行のノズル形成技術により溶液を通す貫通穴を形成することが実現可能な範囲である直径をその下限値とする。また、これらノズル 103, 103, …の形状は互いに同じであることが望ましいが、異なる形状であっても良い。

【0076】

なお、ノズル内流路 145 の形状は、図 14 に示すような、内径一定の直線状に形成しなくとも良い。例えば、図 15 (A) に示すように、ノズル内流路 145 の溶液供給チャネル 101 側の端部における断面形状が丸みを帯びて形成されていても良い。また、図 15 (B) に示すように、ノズル内流路 145 の溶液供給チャネル 101 側の端部における内径が吐出側端部における内径と比して大きく設定され、ノズル内流路 145 の内面がテーパ周面形状に形成されていても良い。さらに、図 15 (C) に示すように、ノズル内流路 145 の後述する溶液供給チャネル 101 側の端部のみがテーパ周面形状に形成されると共に当該テーパ周面よりも吐出端部側は内径一定の直線状に形成されていても良い。

【0077】

次に、この液体吐出ヘッド 100 を駆動するための回路構成について説明する。この液体吐出ヘッド 100 を駆動するための回路は、上記吐出電極 142, 142, …に個別に吐出電圧を印加する吐出電圧印加手段 25 (便宜上図 13 に図示)と、上記ノズル 103, 103, …に対向する対向面 23a と共にその対向面 23a で液滴の着弾を受ける基材 200 を支持する対向電極 23 (図 14 に図示)と、から構成されている。

【0078】

吐出電圧印加手段 25 は、吐出電極 142 に直流のバイアス電圧を印加するバイアス電源 30 と、バイアス電圧に重畳して吐出に要する電位とするパルス電圧を吐出電極 142 に印加する吐出電源 29 と、をそれぞれの吐出電極 142 に対応して備えている。バイアス電源 30 及び吐出電源 29 は全ての吐出電極 142, 142, …に共通であっても良いが、この場合には吐出電源 29 はこれら吐出電極 142, 142, …個別にパルス電圧を印加する。

【0079】

バイアス電源 30 によるバイアス電圧は、溶液の吐出が行われない範囲で常時電圧印加を行うことにより、吐出時に印加すべき電圧の幅を予め低減し、これによる吐出時の反応性の向上を図っている。

【0080】

吐出電圧電源 29 は、溶液の吐出を行う時にのみパルス電圧をバイアス電圧に重畳させて吐出電極 142, 142, …個別に印加する。このときの重畳電圧 V は次式の条件を満たすようにパルス電圧の値が設定されている。

【0081】

【数 4】

$$h \sqrt{\frac{\gamma\pi}{\epsilon_0 d}} > V > \sqrt{\frac{\gamma k d}{2\epsilon_0}} \quad (1)$$

ただし、 γ : 溶液の表面張力 [N/m]、 ϵ_0 : 真空の誘電率 [F/m]、 d : ノズル直径 [m]、 h : ノズル-基材間距離 [m]、 k : ノズル形状に依存する比例定数 ($1.5 < k < 8.5$) とする。

【0082】

一例を挙げると、バイアス電圧は DC 300 [V] で印加され、パルス電圧は 100 [V] で印される。従って、吐出の際の重畳電圧は 400 [V] となる。

【0083】

対向電極 23 は、ノズル 103, 103, … に垂直な対向面 23a を備えており、かかる対向面 23a に沿うように基材 200 の支持を行う。ノズル 103, 103, … の先端部から対向電極 23 の対向面 23a までの距離は、一例としては 100 [μ m] に設定される。

【0084】

また、この対向電極 23 は接地されているため、常時、接地電位を維持している。従って、パルス電圧の印加時にはそれぞれのノズル 103 の先端部と対向面 23a との間に生じる電界による静電力により吐出された液滴を対向電極 23 側に誘導する。

【0085】

なお、液体吐出ヘッド 100 は、ノズル 103, 103, … の超微小化によるそれぞれのノズル 103, 103, … 先端部での電界集中により電界強度を高めることで液滴の吐出を行うことから、対向電極 23 による誘導がなくとも液滴の吐出を行うことは可能ではあるが、ノズル 103, 103, … と対向電極 23 との間での静電力による誘導が行われた方が望ましい。また、帯電した液滴の電荷を対向電極 23 の接地により逃がすことも可能である。

【0086】

この液体吐出ヘッド 100 に供給されて液体吐出ヘッド 100 から吐出される溶液について説明する。

【0087】

溶液の例としては、無機液体としては、水、 COCl_2 、 HBr 、 HNO_3 、 H_3PO_4 、 H_2SO_4 、 SOCl_2 、 SO_2Cl_2 、 FSO_3H などが挙げられる。有機液体としては、メタノール、 n -プロパノール、イソプロパノール、 n -ブタノール、2-メチル-1-プロパノール、tert-ブタノール、4-メチル-2-ペンタノール、ベンジルアルコール、 α -テルピネオール、エチレングリコール、グリセリン、ジエチレングリコール、トリエチレングリコールなどのアルコール類；フェノール、 o -クレゾール、 m -クレゾール、 p -クレゾール、などのフェノール類；ジオキサン、フルフラール、エチレングリコールジメチルエーテル、メチルセロソルブ、エチルセロソルブ、ブチルセロソルブ、エチルカルビトール、ブチルカルビトール、ブチルカルビトールアセテート、エピクロロヒドリンなどのエーテル類；アセトン、メチルエチルケトン、2-メチル-4-ペンタノン、アセトフェノンなどのケトン類；ギ酸、酢酸、ジクロロ酢酸、トリクロロ酢酸などの脂肪酸類；ギ酸メチル、ギ酸エチル、酢酸メチル、酢酸エチル、酢酸- n -ブチル、酢酸イソブチル、酢酸-3-メトキシブチル、酢酸- n -ペンチル、プロピオン酸エチル、乳酸エチル、安息香酸メチル、マロン酸ジエチル、フタル酸ジメチル、フタル酸ジエチル、炭酸ジエチル、炭酸エチレン、炭酸プロピレン、セロソルブアセテート、ブチルカルビトールアセテート、アセト酢酸エチル、シアノ酢酸メチル、シアノ酢酸エチルなどのエステル類；ニトロメタン、ニトロベンゼン、アセトニトリル、プロピオニトリル、スクシノニトリル、バレロニトリル、ベンゾニトリル、エチルアミン、ジエチルアミン、エチレンジアミ

ン、アニリン、N-メチルアニリン、N, N-ジメチルアニリン、o-トルイジン、p-トルイジン、ピペリジン、ピリジン、 α -ピコリン、2, 6-ルチジン、キノリン、プロピレンジアミン、ホルムアミド、N-メチルホルムアミド、N, N-ジメチルホルムアミド、N, N-ジエチルホルムアミド、アセトアミド、N-メチルアセトアミド、N-メチルプロピオンアミド、N, N, N', N'-テトラメチル尿素、N-メチルピロリドンなどの含窒素化合物類；ジメチルスルホキシド、スルホランなどの含硫黄化合物類；ベンゼン、p-シメン、ナフタレン、シクロヘキシルベンゼン、シクロヘキセンなどの炭化水素類；1, 1-ジクロロエタン、1, 2-ジクロロエタン、1, 1, 1-トリクロロエタン、1, 1, 1, 2-テトラクロロエタン、1, 1, 2, 2-テトラクロロエタン、ペンタクロロエタン、1, 2-ジクロロエチレン(cis-)、テトラクロロエチレン、2-クロロプロタン、1-クロロ-2-メチルプロパン、2-クロロ-2-メチルプロパン、プロモメタン、トリプロモメタン、1-プロモプロパンなどのハロゲン化炭化水素類、などが挙げられる。また、上記各液体を二種以上混合して溶液として用いても良い。

【0088】

さらに、高電気伝導率の物質（銀粉等）が多く含まれるような導電性ペーストを溶液として使用し、吐出を行う場合には、上述した液体に溶解又は分散させる目的物質としては、ノズルで目詰まりを発生するような粗大粒子を除けば、特に制限されない。PDP、CRT、FEDなどの蛍光体としては、従来より知られているものを特に制限なく用いることができる。例えば、赤色蛍光体として、 $(Y, Gd)BO_3:Eu$ 、 $YO_3:Eu$ など、緑色蛍光体として、 $Zn_2SiO_4:Mn$ 、 $BaAl_{12}O_{19}:Mn$ 、 $(Ba, Sr, Mg)O \cdot \alpha-Al_2O_3:Mn$ など、青色蛍光体として、 $BaMgAl_{14}O_{23}:Eu$ 、 $BaMgAl_{10}O_{17}:Eu$ などが挙げられる。上記の目的物質を記録媒体上に強固に接着させるために、各種バインダーを添加するのが好ましい。用いられるバインダーとしては、例えば、エチルセルロース、メチルセルロース、ニトロセルロース、酢酸セルロース、ヒドロキシエチルセルロース等のセルロースおよびその誘導体；アルキッド樹脂；ポリメタクリル酸、ポリメチルメタクリレート、2-エチルヘキシルメタクリレート・メタクリル酸共重合体、ラウリルメタクリレート・2-ヒドロキシエチルメタクリレート共重合体などの（メタ）アクリル樹脂およびその金属塩；ポリN-イソプロピルアクリルアミド、ポリN, N-ジメチルアクリルアミドなどのポリ（メタ）アクリルアミド樹脂；ポリスチレン、アクリロニトリル・スチレン共重合体、スチレン・マレイン酸共重合体、スチレン・イソプレン共重合体などのスチレン系樹脂；スチレン・n-ブチルメタクリレート共重合体などのスチレン・アクリル樹脂；飽和、不飽和の各種ポリエステル樹脂；ポリプロピレン等のポリオレフィン系樹脂；ポリ塩化ビニル、ポリ塩化ビニリデン等のハロゲン化ポリマー；ポリ酢酸ビニル、塩化ビニル・酢酸ビニル共重合体等のビニル系樹脂；ポリカーボネート樹脂；エポキシ系樹脂；ポリウレタン系樹脂；ポリビニルホルマール、ポリビニルブチラール、ポリビニルアセタール等のポリアセタール樹脂；エチレン・酢酸ビニル共重合体、エチレン・エチルアクリレート共重合樹脂などのポリエチレン系樹脂；ベンゾグアナミン等のアミド樹脂；尿素樹脂；メラミン樹脂；ポリビニルアルコール樹脂及びそのアニオンカチオン変性；ポリビニルピロリドンおよびその共重合体；ポリエチレンオキシド、カルボキシル化ポリエチレンオキシド等のアルキレンオキシド単独重合体、共重合体及び架橋体；ポリエチレングリコール、ポリプロピレングリコールなどのポリアルキレングリコール；ポリエーテルポリオール；SBR、NBRラテックス；デキストリン；アルギン酸ナトリウム；ゼラチン及びその誘導体、カゼイン、トロロアオイ、トラガントガム、プルラン、アラビアゴム、ローカストビーンガム、グアガム、ペクチン、カラギニン、にかわ、アルブミン、各種澱粉類、コーンスターチ、こんにゃく、ふのり、寒天、大豆蛋白等の天然或いは半合成樹脂；テルペン樹脂；ケトン樹脂；ロジン及びロジンエステル；ポリビニルメチルエーテル、ポリエチレンイミン、ポリスチレンスルホン酸、ポリビニルスルホン酸などを用いることができる。これらの樹脂は、ホモポリマーとしてだけでなく、相溶する範囲でブレンドして用いても良い。

【0089】

本実施形態の液体吐出装置をパターンニング方法として使用する場合には、代表的なものとしてはディスプレイ用途に使用することができる。具体的には、プラズマディスプレイの蛍光体の形成、プラズマディスプレイのリブの形成、プラズマディスプレイの電極の形成、CRTの蛍光体の形成、FED（フィールドエミッション型ディスプレイ）の蛍光体の形成、FEDのリブの形成、液晶ディスプレイ用カラーフィルター（RGB着色層、ブラックマトリクス層）、液晶ディスプレイ用スペーサー（ブラックマトリクスに対応したパターン、ドットパターン等）などが挙げることができる。ここでいうリブとは一般的に障壁を意味し、プラズマディスプレイを例に取ると各色のプラズマ領域を分離するために用いられる。その他の用途としては、マイクロレンズ、半導体用途として磁性体、強誘電体、導電性ペースト（配線、アンテナ）などのパターンニング塗布、グラフィック用途としては、通常印刷、特殊媒体（フィルム、布、鋼板など）への印刷、曲面印刷、各種印刷版の刷版、加工用途としては粘着材、封止材などの本実施形態を用いた塗布、バイオ、医療用途としては医薬品（微量の成分を複数混合するような）、遺伝子診断用試料等の塗布等に応用することができる。

【0090】

次に、液体吐出ヘッド100の製造方法について説明する。

【0091】

液体吐出ヘッド100を製造するには、液室構造102とノズルプレート104を別々に製造してから、液室構造102の底面にノズルプレート104を接着固定すれば良い。

【0092】

液室構造102を製造するには、まず、液室側壁105、第一の液室隔壁106及び第二の液室隔壁107を構成することになるチタン酸ジルコン酸塩系（PZT）の圧電材料を準備し、ドクターブレード法、スクリーン印刷法等の手法を用いて、所定の厚さのシート状に形成する。

【0093】

それから、一対のシートを接着剤層108となる接着剤を用いて積層することで圧電積層体を形成し、その後、周知の方法により分極処理を行い、これによって上側のシートと下側のシートとが厚さ方向でかつ互いに相反する方向に分極されるようにする。

【0094】

そして、一対のシートが積層してなる圧電積層体に図示しない工具（例えばダイヤモンドブレード）によって上記圧電積層体を研削加工し、それによって上記圧電積層体に、溶液供給チャネル101を構成することとなる複数の溝部が互いに平行に形成される。

【0095】

その後、溝部を構成する液室隔壁106、107に電極をめっき等の周知の方法により形成する。なお、溝部の底面には電極は形成しない。そして、接着剤層109となる接着剤を第二の液室隔壁107の上部に塗布し、カバープレート110を貼り合わせると、複数の溶液供給チャネル101が互いに平行に形成されてなる液室構造102が製造される。そして、液室側壁105に駆動基板122を取り付け、それぞれの電極11に導線124の一端部を接合するとともに、導線124の他端部を配線パターン123に接合する。

【0096】

一方、ノズルプレート104を製造するには、図16に示すように、まず平板状の基板141を準備し（この時点ではまだ基板141には複数の貫通孔141c、141c、…が形成されていない。）、PVD法、CVD法及びめっき法といった成膜方法によって基板141の表面141a一面に導電性膜142'を成膜し、フォトリソグラフィ法によってこの導電性膜142'にレジスト150、150、…を形成する。ここで、平面視した場合のレジスト150の形状は、底面視して吐出電極142と配線144を合わせた形状である。なお、基板141は、ガラス基板であっても良いし、シリコンウェーハであっても良いし、樹脂基板であっても良いが、絶縁性を有している。

【0097】

次いで、レジスト150、150、…をマスクとして導電性膜142'をエッチングす

ると、導電性膜 142' が形状加工されて、複数の吐出電極 142, 142, ... 及び複数の配線 144, 144, ... が形成され、その後レジスト 150, 150, ... を除去する (図 17)。このように成膜工程、マスク工程及び形状加工工程を経て複数の吐出電極 142, 142, ... をまとめて形成しているため、ノズルプレート 104 の生産効率が良い。

【0098】

次いで、これら吐出電極 142, 142, ... 及びこれら配線 144, 144, ... の全てを被覆するようにして、基板 141 の表面 141a 一面にレジスト層 (感光性樹脂層) 143' を成膜する (図 18)。このレジスト層 143' は、ポジ型であっても良いし、ネガ型であっても良い。レジスト層 143' は感光性樹脂からなるが、その組成としては PMMA、SU8 等であるのが好ましい。

【0099】

次いで、電子ビーム、フェムト秒レーザ等でレジスト層 143' を形成しようとする複数のノズル 103, 103, ... の形状に合わせて感光させる。つまり、レジスト層 143' がポジ型の場合には、レジスト層 143' において吐出電極 142, 142, ... の貫通穴 142a に重なった部分を深層まで感光させるとともに、複数のノズル 103, 103, ... の間の部分を中層まで感光させる。一方、レジスト層 143' がネガ型の場合には、レジスト層 143' において複数のノズル 103, 103, ... となる部分を感光させる。ここで、電子ビーム、フェムト秒レーザでレジスト層 143' を感光させるのではなく、可視光線、紫外線、エキシマレーザ、i 線、g 線等で感光させても良い。つまり、感光に用いる電磁波 (広義の光) は、レジスト層 143' を感光させるものであれば良い。

【0100】

次いで、レジスト層 143' に現像液を塗布することで、レジスト層 143' が露光に応じた形状で除去され、基板 141 に対して立設した複数のノズル 103, 103, ... が形成される (図 19)。なお、図 19 においては、ノズル形状は、円錐形状又は円錐台形状をとったが、突出していないフラットな形状でも構わない。

【0101】

ここで、レジスト層 143' がポジ型の感光性樹脂である場合には、露光されたレジスト層 143' の表面側には照射エネルギーが大きく逆に基板 141 側に向かうにつれて照射エネルギーが小さくなるから、基板 141 側に向かうにつれて現像液に対する溶解性が小さくなる。従って、レジスト層 143' がポジ型の場合のほうが、基板 141 側に向かうにつれて径が大きくなる略円錐状又は略円錐台状のノズル 103, 103, ... を容易に形成することができる。また、レジスト層 143' を成膜し、その後レジスト層 143' を露光・現像するだけで複数のノズル 103, 103, ... をまとめて形成しているため、液体吐出ヘッドの生産効率が良い。

【0102】

次いで、フォトリソグラフィー法によって基板 141 の裏面 141b にレジスト膜 151 を形成する (図 20)。ここで、平面視した場合のレジスト膜 151 の形状は、貫通孔 141c, 141c, ... となる部分において開口した形状となっている。そして、レジスト膜 151 をマスクとして、基板 141 をエッチングすると、複数の貫通孔 141c, 141c, ... が基板 141 に形成され、その後レジスト膜 151 を除去する (図 21)。これにより、ノズルプレート 104 が製造される。

【0103】

そして、基板 141 に形成された貫通孔 141c, 141c, ... を液室構造 102 のそれぞれの溶液供給チャネル 101 に対向させて、液室構造 102 の底面に基板 141 の裏面 141b を接着剤等で接合する (図 21)。また、配線 144, 144, ... それぞれにバイアス電源 30 と吐出電圧電源 29 を電氣的に接続する。これにより、液体吐出ヘッド 100 が製造される。

【0104】

なお、必要に応じてノズル 103, 103, ... の表層を撥水処理しても良い。例えば、撥水性を有する感光性樹脂 (例えば、フッ素含有感光性樹脂) でレジスト層 143' を形

成することでノズル103, 103, …の表層が撥水性を有するようにしても良いし、ノズル103, 103, …を形成した後にそれぞれのノズル孔103aをレジストでマスクした状態でノズル103の表面に金属膜(例えば、Ni、Au、Pt等)を形成し、その金属膜とフッ素含有樹脂との共析メッキにより形成される撥水膜を形成することでノズル103, 103, …の表層が撥水性を有するようにしても良い(ノズル孔103aをマスクしたレジストは最後に除去する。)。撥水性を有する感光性樹脂とは、平均粒径約0.2 μm のPTFE、FEPディスパージョン或いはパーフルオロ溶媒にフッ素樹脂を溶解した旭硝子株式会社製のサイトップを紫外線感光性樹脂に数%から数十%分散混合したものをいい、ディスパージョンにおいては、融点の低いFEPの方が好ましい。また、そのディスパージョンにおいては、デュポン株式会社製のMDF FEP 120-J(54wt%、水分散)、旭硝子株式会社製のフルオンXAD911(60wt%、水分散)等がある。また、F2リソグラフィ用レジスト用ポリマーもフッ素含有感光性樹脂で、ポリマー主鎖にフッ素を導入したものや側鎖にフッ素を導入したものがある。

【0105】

以上の製造方法のように、レジスト層143'を露光・現像するだけで、ノズル103, 103, …を形成するので、ノズル103の形状への柔軟性、製造コスト、長尺ラインヘッドへの対応においては有利である。例えば特開2001-68827号公報にあるようなヘッドを製造するにはシリコン基板ベースにしてそのシリコン基板に微小孔を形成するので、ノズルの形状を柔軟に変更することは本実施形態の製造方法の方が便利であり、長尺ラインヘッドを製造することも本実施形態の製造方法の方が有利であり、ヘッド100の製造コストも本実施形態の方が有利であると考えられる。

【0106】

次に、液体吐出ヘッド100の駆動方法及び液体吐出ヘッド100の液滴吐出動作について説明を行う。図22は溶液の吐出動作と溶液に印加される電圧との関係を示す説明図であって、図22(A)は吐出を行わない状態であり、図22(B)は吐出状態を示す。

【0107】

供給ポンプによって液体導入口119及びマニホールド120を介してそれぞれのノズル103のノズル内流路145には帯電可能な溶液が供給された状態にあり、かかる状態でそれぞれのバイアス電源30によりそれぞれの吐出電極142を介してバイアス電圧が溶液に印加されている。かかる状態で、溶液は帯電すると共に、それぞれのノズル103の先端部において溶液による凹状に窪んだメニスカスが形成される(図22(A))。

【0108】

そして、ノズル103, 103, …のうち液滴を吐出するノズル103については、吐出電圧電源29によりパルス電圧が吐出電極142を介して溶液に印加されるとともに、このパルス電圧に同期して制御電極121にもパルス電圧が印加される。制御電極121にパルス電圧が印加されると、液室隔壁106, 107が膨張して溶液供給チャネル101の容積が減少することとなり、これにより溶液供給チャネル101内の溶液の圧力が増加する。従って、ノズル103の先端部において外部に突出した凸状のメニスカスが形成される。更に、制御電極121にパルス電圧が印加されるのとほぼ同時に吐出電極142にもパルス電圧が印加されるから、外部に突出した凸状メニスカスの頂点により電界が集中し、ついには溶液の表面張力に抗して微小液滴が対向電極側に吐出される(図22(B))。

【0109】

そして、吐出電極142に印加されるパルス電圧が終了すると共に、制御電極121に印加されるパルス電圧が終了すると、溶液供給チャネル101の容積が増大することでノズル103の先端部において溶液が凹状に窪んだメニスカスが形成されるとともに、液体導入口119及びマニホールド120を介して液体を吐出したノズル103のノズル内流路145に溶液が供給される。

【0110】

なお、上記説明では制御電極121にパルス電圧が印加されることで液室隔壁106,

107が膨張して溶液供給チャネル101の容積が増大したが、逆に制御電極121にパルス電圧が印加されることで液室隔壁106、107が収縮して溶液供給チャネル101の容積が減少するように動作しても良い。但しこの場合には、吐出の際において吐出電極142にパルス電圧が印加されている時には制御電極121にパルス電圧が印加されておらず、吐出しない際において吐出電極142にバイアス電圧が印加されている時には制御電極121にパルス電圧が印加される。また、別のヘッド駆動方法として、ノズル103のメニスカス位置により吐出電圧が異なることを利用し、メニスカスがノズル103先端よりも下がった位置では吐出しない電圧 V_0 を吐出電極142に印加し、制御電極121にパルス電圧を印加することで溶液供給チャネル101の容積を変化させることで電圧 V_0 で吐出可能なノズル103先端より吐出したメニスカス位置に制御することで吐出を制御することが可能である。

【0111】

また、圧電素子である液室隔壁106、107によって溶液供給チャネル101内の溶液に圧力を吐出の時に付与することで凸状のメニスカスを形成したが、ヒータ等によって溶液供給チャネル101内の溶液を吐出の時に膜沸騰させて溶液に圧力を付与することで凸状のメニスカスを形成しても良い。凸状メニスカス形成手段は、ノズル内流路145の溶液の圧力を変化させおこなうものである。溶液供給チャネル101の容積を変化させる方法であれば良く、静電気力により溶液供給チャネル101の隔壁を撓ませ容積を変化させる静電吸引方式でも可能である。なお、凸状メニスカスを形成せずに吐出しても良いが、凸状メニスカスを形成し吐出した方が、吐出電圧の定電圧化及び液滴吐出制御での安全性及び制御コスト面において有利である。

【0112】

以上の液体吐出ヘッド100の使用方法としては、例えば基材200に平行な面内において上記液体吐出ヘッド100（主に、液室構造102とノズルプレート104）を基材200に対して相対的に移動させつつ、それぞれのノズル103の先端部から選択的に液滴を吐出することによって、基材200の表面に着弾した液滴がドットとなるパターンが基材200の表面に形成される。また、複数のノズル103、103、…が一行になって配列されているから、ノズル103、103、…の列に対して直角となる方向に基材200を移動させつつ、それぞれのノズル103の先端部から選択的に液滴を吐出することによって、基材200の表面に着弾した液滴がドットとなるパターンを基材200の表面に形成することができる。液体吐出ヘッド100には複数のノズル103、103、…が設けられているため、パターンを速く形成することができる。また、液体吐出ヘッド100は、回路の配線パターンの形成、金属超微粒子の配線パターンの形成、カーボンナノチューブおよびその前駆体ならびに触媒配列の形成、強誘電性セラミックスおよびその前駆体のパターンニングの形成、高分子およびその前駆体の高配向化、ゾーンリファイニング、マイクロビーズマニピュレーション、アクティブタッピング、立体構造の形成の何れかに用いることができる。

【0113】

以上のように、上記液体吐出ヘッド100は、従来にない微小径のノズル103により液滴の吐出を行うので、ノズル内流路145内で帯電した状態の溶液により電界が集中され、電界強度が高められる。このため、従来のように電界の集中化が行われない構造のノズル（例えば内径100 [μm])では吐出に要する電圧が高くなり過ぎて事実上吐出不可能とされていた微小径でのノズルによる溶液の吐出を従来よりも低電圧で行うことを可能としている。

【0114】

そして、微小径であるがために、ノズルコンダクタンスの低さによりその単位時間あたりの吐出流量を低減する制御を容易に行うことができると共に、パルス幅を狭めることなく十分に小さな液滴径（上記各条件によれば0.8 [μm])による溶液の吐出を実現している。

【0115】

さらに、吐出される液滴は帯電されているので、微小の液滴であっても蒸気圧が低減され、蒸発を抑制することから液滴の質量の損失を低減し、飛翔の安定化を図り、液滴の着弾精度の低下を防止する。

【0116】

さらに、ノズル103, 103, …の表層が撥水性を有しているため、溶液を吐出するべきでない際にノズル103, 103, …内の溶液が垂れて流れたりしない。また、ノズル103, 103, …の表層が撥水性を有しているため、ノズル孔103a周辺に溶液が付着することで液滴の吐出に悪影響を及ぼすこともない。また、ノズル103, 103, …の表層が撥水性を有することで、吐出の際に形成されるメニスカスが綺麗な凸状で形成され、液滴が安定して吐出される。

【0117】

さらに、それぞれのノズル103内の溶液にパルス電圧を印加するのとほぼ同時にノズル103内の溶液に圧力を加えているから、吐出電極142に印加されるパルス電圧が低電圧であっても、液滴が吐出される。つまり、吐出に要する電圧が高くなり過ぎて事実上吐出不可能とされていた微小径でのノズルによる溶液の吐出を従来よりも低電圧で行うことが可能となっている。

【0118】

なお、ノズル103にエレクトロウェットティング効果を得るために、ノズル103の外周に電極（例えば上述した撥水膜下に形成された金属膜である。）を設けるか、また或いは、ノズル内流路145の内面に電極を設け、その上から絶縁膜で被覆しても良い。そして、この電極に電圧を印加することで、吐出電極142により電圧が印加されている溶液に対して、エレクトロウェットティング効果によりノズル内流路145の内面のぬれ性を高めることができ、ノズル内流路145への溶液の供給を円滑に行うことができ、良好に吐出を行うと共に、吐出の応答性の向上を図ることが可能となる。

【0119】

また、吐出電圧印加手段25ではそれぞれの吐出電極142にバイアス電圧を常時印加すると共にパルス電圧をトリガーとして液滴の吐出を行っているが、それぞれの吐出電極142につき吐出に要する振幅で常時交流又は連続する矩形波を印加すると共にその周波数の高低を切り替えることで吐出を行う構成としても良い。液滴の吐出を行うためには溶液の帯電が必須であり、溶液の帯電する速度を上回る周波数で吐出電圧を印加していても吐出が行われず、溶液の帯電が十分に図れる周波数に替えると吐出が行われる。従って、吐出を行わないときには吐出可能な周波数より大きな周波数で吐出電圧を印加し、吐出を行う場合にのみ吐出可能な周波数帯域まで周波数を低減させる制御を行うことで、溶液の吐出を制御することが可能となる。かかる場合、溶液に印加される電位自体に変化はないので、より時間応答性を向上させると共に、これにより液滴の着弾精度を向上させることが可能となる。

【0120】

[静電吸引型液体吐出装置の理論説明]

従前は以下の条件式により定まる範囲を超えて液滴の吐出は不可能と考えられていた。

【0121】

【数5】

$$d < \frac{\lambda_c}{2} \quad (4)$$

ここで、 λ_c は静電吸引力によりノズル先端部からの液滴の吐出を可能とするための溶液液面における成長波長[m]であり、 $\lambda_c = 2\pi \gamma h^2 / \epsilon_0 V^2$ で求められる。

【0122】

【数 6】

$$d < \frac{\pi \gamma h^2}{\epsilon_0 V^2} \quad (5)$$

【0123】

【数 7】

$$V < h \sqrt{\frac{\pi \gamma}{\epsilon_0 d}} \quad (6)$$

本発明では、静電吸引型インクジェット方式において果たすノズルの役割を再考察し、従来吐出不可能として試みられていなかった領域において、マクスウェル力などを利用することで、微小液滴を形成することができる。

【0124】

このような駆動電圧低下および微少量吐出実現の方策のための吐出条件等を近似的に表す式を導出したので以下に述べる。

【0125】

以下の説明は、上記各本発明の実施形態で説明した静電吸引型液体吐出装置に適用可能である。

【0126】

いま、内部 d のノズルに導電性溶液を注入し、基材としての無限平板導体から h の高さに垂直に位置させたと仮定する。この様子を図 23 に示す。このとき、ノズル先端部に誘起される電荷は、ノズル先端の半球部に集中すると仮定し、以下の式で近似的に表される。

【0127】

【数 8】

$$Q = 2\pi\epsilon_0\alpha Vd \quad (7)$$

ここで、 Q ：ノズル先端部に誘起される電荷 [C]、 ϵ_0 ：真空の誘電率 [F/m]、 ϵ ：基材の誘電率 [F/m]、 h ：ノズル-基材間距離 [m]、 r ：ノズル内部の直径の半径 [m]、 V ：ノズルに印加する総電圧 [V] である。 α ：ノズル形状などに依存する比例定数で、1~1.5程度の値を取り、特に $d \ll h$ のときほぼ1程度となる。

【0128】

また、基材としての基板が導体基板の場合、基板内の対称位置に反対の符号を持つ鏡像電荷 Q' が誘導されると考えられる。基板が絶縁体の場合は、誘電率によって定まる対称位置に同様に反対符号の映像電荷 Q' が誘導される。

【0129】

ところで、ノズル先端部に於ける凸状メニスカスの先端部の電界強度 E_{loc} [V/m] は、凸状メニスカス先端部の曲率半径を R [m] と仮定すると、

【数 9】

$$E_{loc} = \frac{V}{kR} \quad (8)$$

で与えられる。ここで k ：比例定数で、ノズル形状などにより異なるが、1.5~8.5程度の値をとり、多くの場合5程度と考えられる。(P. J. Birdseye and D.A. Smith, Surface Science, 23 (1970) 198-210)。

【0130】

今簡単のため、 $d/2 = R$ とする。これは、ノズル先端部に表面張力で導電性溶液がノズルの半径と同じ半径を持つ半球形状に盛り上がっている状態に相当する。

【0131】

ノズル先端の液体に働く圧力のバランスを考える。まず、静電的な圧力は、ノズル先端部の液面積を S [m^2] とすると、

【数10】

$$P_e = \frac{Q}{S} E_{loc} \approx \frac{Q}{\pi d^2 / 2} E_{loc} \quad (9)$$

(7)、(8)、(9) 式より $\alpha = 1$ とおいて、

【数11】

$$P_e = \frac{2\epsilon_0 V}{d/2} \cdot \frac{V}{k \cdot d/2} = \frac{8\epsilon_0 V^2}{k \cdot d^2} \quad (10)$$

と表される。

【0132】

一方、ノズル先端部に於ける液体の表面張力を P_s とすると、

【数12】

$$P_s = \frac{4\gamma}{d} \quad (11)$$

ここで、 γ : 表面張力 [N/m]、である。

静電的な力により流体の吐出が起こる条件は、静電的な力が表面張力を上回る条件なので、

【0133】

【数13】

$$P_e > P_s \quad (12)$$

となる。十分に小さいノズル径をもちいることで、静電的な圧力が、表面張力を上回らせる事が可能である。

この関係式より、 V と d の関係を求めると、

【数14】

$$V > \sqrt{\frac{\gamma k d}{2\epsilon_0}} \quad (13)$$

が吐出の最低電圧を与える。すなわち、式(6)および式(13)より、

【数 15】

$$h \sqrt{\frac{\gamma\pi}{\varepsilon_0 d}} > V > \sqrt{\frac{\gamma k d}{2\varepsilon_0}} \quad (1)$$

が、本発明の実施形態における動作電圧となる。

【0134】

ある半径 d のノズルに対し、吐出限界電圧 V_c の依存性を前述した図 9 に示す。この図より、微小ノズルによる電界の集中効果を考慮すると、吐出開始電圧は、ノズル径の減少に伴い低下する事が明らかになった。

【0135】

従来の電界に対する考え方、すなわちノズルに印加する電圧と対向電極間の距離によって定義される電界のみを考慮した場合では、微小ノズルになるに従い、吐出に必要な電圧は増加する。一方、局所電界強度に注目すれば、微小ノズル化により吐出電圧の低下が可能となる。

【0136】

静電吸引による吐出は、ノズル端部における液体（溶液）の帯電が基本である。帯電の速度は誘電緩和によって決まる時定数程度と考えられる。

【0137】

【数 16】

$$\tau = \frac{\varepsilon}{\sigma} \quad (2)$$

溶液の誘電率 ε を 10 F/m 、溶液導電率 σ を 10^{-6} S/m を仮定すると、 $\tau = 1.854 \times 10^{-6} \text{ sec}$ となる。あるいは、臨界周波数を $f_c [\text{Hz}]$ とすると、

【数 17】

$$f_c = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (14)$$

となる。この f_c よりも早い周波数の電界の変化に対しては、応答できず吐出は不可能になると考えられる。上記の例について見積ると、周波数としては 10 kHz 程度となる。このとき、ノズル半径 $2 \mu\text{m}$ 、電圧 500 V 弱の場合、ノズル内流量 G は $10^{-13} \text{ m}^3/\text{s}$ と見積もることができ、上記の例の液体の場合、 10 kHz での吐出が可能なので、1周期での最小吐出量は 10 fl （フェムトリットル、 $1 \text{ fl} = 10^{-16} \text{ l}$ ）程度を達成できる。

【0138】

なお、各上記本実施の形態においては、図 23 に示したようにノズル先端部に於ける電界の集中効果と、対向基板に誘起される鏡像力の作用を特徴とする。このため、先行技術のように基板または基板支持体を導電性にすることや、これら基板または基板支持体への電圧の印加は必ずしも必要はない。すなわち、基板として絶縁性のガラス基板、ポリイミドなどのプラスチック基板、セラミックス基板、半導体基板などを用いることが可能である。

【0139】

また、上記各実施形態において電極への印加電圧はプラス、マイナスのどちらでも良い。

【0140】

さらに、ノズルと基材との距離は、 $500[\mu\text{m}]$ 以下に保つことにより、溶液の吐出を容易にすることができる。また、図示しないが、ノズル位置検出によるフィードバック制御を行い、ノズルを基材に対し一定に保つようにすることが望ましい。

【0141】

また、基材を、導電性または絶縁性の基材ホルダーに裁置して保持するようにしても良い。

【0142】

図24は、本発明を適用した他の基本例の一例としての静電吸引型液体吐出装置のノズル部分の側面断面図を示したものである。ノズル1の側面部には電極15が設けられており、ノズル内溶液3との間に制御された電圧が印加される。この電極15の目的は、Electrowetting効果を制御するための電極である。十分な電場がノズルを構成する絶縁体にかかる場合この電極がなくともElectrowetting効果は起こると期待される。しかし、本基本例では、より積極的にこの電極を用いて制御することで、吐出制御の役割も果たすようにしたものである。ノズル1を絶縁体で構成し、先端部におけるノズル管が $1\mu\text{m}$ 、ノズル内径が $2\mu\text{m}$ 、印加電圧が300Vの場合、約30気圧のElectrowetting効果になる。この圧力は、吐出のためには、不十分であるが溶液のノズル先端部への供給の点からは意味があり、この制御電極により吐出の制御が可能と考えられる。

【0143】

前述した図9は、本発明を適用した実施形態における吐出開始電圧のノズル径依存性を示したものである。静電吸引型液体吐出装置のノズルとして、図11に示した液体吐出ヘッド100に示すものを用いた。微小ノズルになるに従い吐出開始電圧が低下し、従来より低電圧で吐出可能なことが明らかになった。

【0144】

上記各実施形態において、溶液吐出の条件は、ノズル基板間距離(h)、印加電圧の振幅(V)、印加電圧振動数(f)のそれぞれの関数になり、それぞれにある一定の条件を満たすことが吐出条件として必要になる。逆にどれか一つの条件を満たさない場合他のパラメータを変更する必要がある。

【0145】

この様子を図25を用いて説明する。

【0146】

まず吐出のためには、それ以上の電界でないと吐出ししないというある一定の臨界電界 E_c が存在する。この臨界電界は、ノズル径、溶液の表面張力、粘性などによって変わってくる値で、 E_c 以下での吐出は困難である。臨界電界 E_c 以上すなわち吐出可能電界強度において、ノズル基板間距離(h)と印加電圧の振幅(V)の間には、おおむね比例の関係が生じ、ノズル-基材間距離を縮めた場合、臨界印加電圧Vを小さくする事が出来る。

【0147】

逆に、ノズル-基材間距離hを極端に離し、印加電圧Vを大きくした場合、仮に同じ電界強度を保ったとしても、コロナ放電による作用などによって、流体液滴の破裂すなわちバーストが生じてしまう。

【図面の簡単な説明】

【0148】

【図1】ノズル径を $\phi 0.2[\mu\text{m}]$ とした場合の電界強度分布を示し、図1(a)はノズルと対向電極との距離が $2000[\mu\text{m}]$ に設定されたときの電界強度分布を示し、図1(b)は、ノズルと対向電極との距離が $100[\mu\text{m}]$ に設定されたときの電界強度分布を示す。

【図2】ノズル径を $\phi 0.4[\mu\text{m}]$ とした場合の電界強度分布を示し、図2(a)はノズルと対向電極との距離が $2000[\mu\text{m}]$ に設定されたときの電界強度分布を示し、図2(b)は、ノズルと対向電極との距離が $100[\mu\text{m}]$ に設定されたときの電界強度分布を示す。

【図3】ノズル径を $\phi 1[\mu\text{m}]$ とした場合の電界強度分布を示し、図3(a)はノズ

ルと対向電極との距離が2000[μm]に設定されたときの電界強度分布を示し、図3 (b) は、ノズルと対向電極との距離が100[μm]に設定されたときの電界強度分布を示す。

【図4】ノズル径を $\phi 8$ [μm]とした場合の電界強度分布を示し、図4 (a) はノズルと対向電極との距離が2000[μm]に設定されたときの電界強度分布を示し、図4 (b) は、ノズルと対向電極との距離が100[μm]に設定されたときの電界強度分布を示す。

【図5】ノズル径を $\phi 20$ [μm]とした場合の電界強度分布を示し、図5 (a) はノズルと対向電極との距離が2000[μm]に設定されたときの電界強度分布を示し、図5 (b) は、ノズルと対向電極との距離が100[μm]に設定されたときの電界強度分布を示す。

【図6】ノズル径を $\phi 50$ [μm]とした場合の電界強度分布を示し、図6 (a) はノズルと対向電極との距離が2000[μm]に設定されたときの電界強度分布を示し、図6 (b) は、ノズルと対向電極との距離が100[μm]に設定されたときの電界強度分布を示す。

【図7】図1～図6の各条件下での最大電界強度を示す図表を示す。

【図8】ノズルのノズル径とノズルの先端位置に液面があるとした時の最大電界強度との関係を示す線図である。

【図9】ノズルのノズル径とノズル先端部で吐出する液滴が飛翔を開始する吐出開始電圧、該初期吐出液滴のレイリー限界での電圧値及び吐出開始電圧とレイリー限界電圧値の比との関係を示す線図である。

【図10】ノズル径とノズル先端部の強電界の領域の関係で表されるグラフである。

【図11】本発明の実施形態としての液体吐出ヘッドを一部破断して示した斜視図である。

【図12】図11に示された液体吐出ヘッドに備わる液室構造を底面方向から見て示した断面図である。

【図13】図11に示された液体吐出ヘッドに備わるノズルプレートを示した底面図である。

【図14】図13に示された切断線A-A'で破断して示した断面図である。

【図15】ノズル内流路の他の形状の例を示す一部切り欠いた斜視図であり、図15 (A) は溶液室側に丸みを設けた例であり、図15 (B) は流路内壁面をテーパ周面とした例であり、図15 (C) はテーパ周面と直線状の流路とを組み合わせた例を示す。

【図16】上記液体吐出ヘッドの製造方法の工程を示した図面である。

【図17】上記液体吐出ヘッドの製造方法の工程を示した図面であり、図17 (A) は平面図であり、図17 (B) は切断線B-B'で破断して示した断面図である。

【図18】上記液体吐出ヘッドの製造方法の工程を示した図面である。

【図19】上記液体吐出ヘッドの製造方法の工程を示した図面である。

【図20】上記液体吐出ヘッドの製造方法の工程を示した図面である。

【図21】上記液体吐出ヘッドの製造方法の工程を示した図面である。

【図22】溶液の吐出動作と溶液に印加される電圧との関係を示す説明図であって、図22 (A) は吐出を行わない状態であり、図22 (B) は吐出状態を示す。

【図23】本発明の実施の形態として、ノズルの電界強度の計算を説明するために示したものである。

【図24】本発明の一例としての液体吐出機構の側面断面図を示したものである。

【図25】本発明の実施の形態の液体吐出装置における距離-電圧の関係による吐出条件を説明した図である。

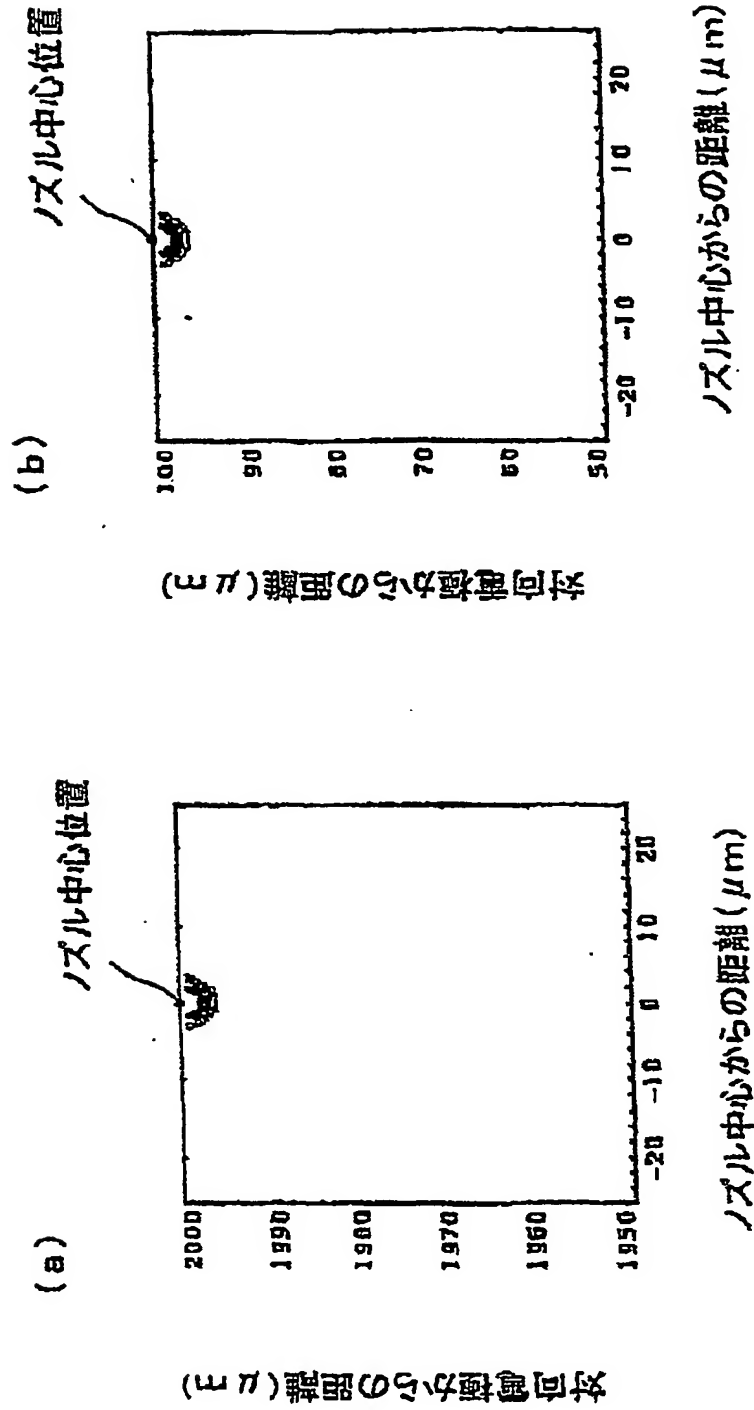
【符号の説明】

【0149】

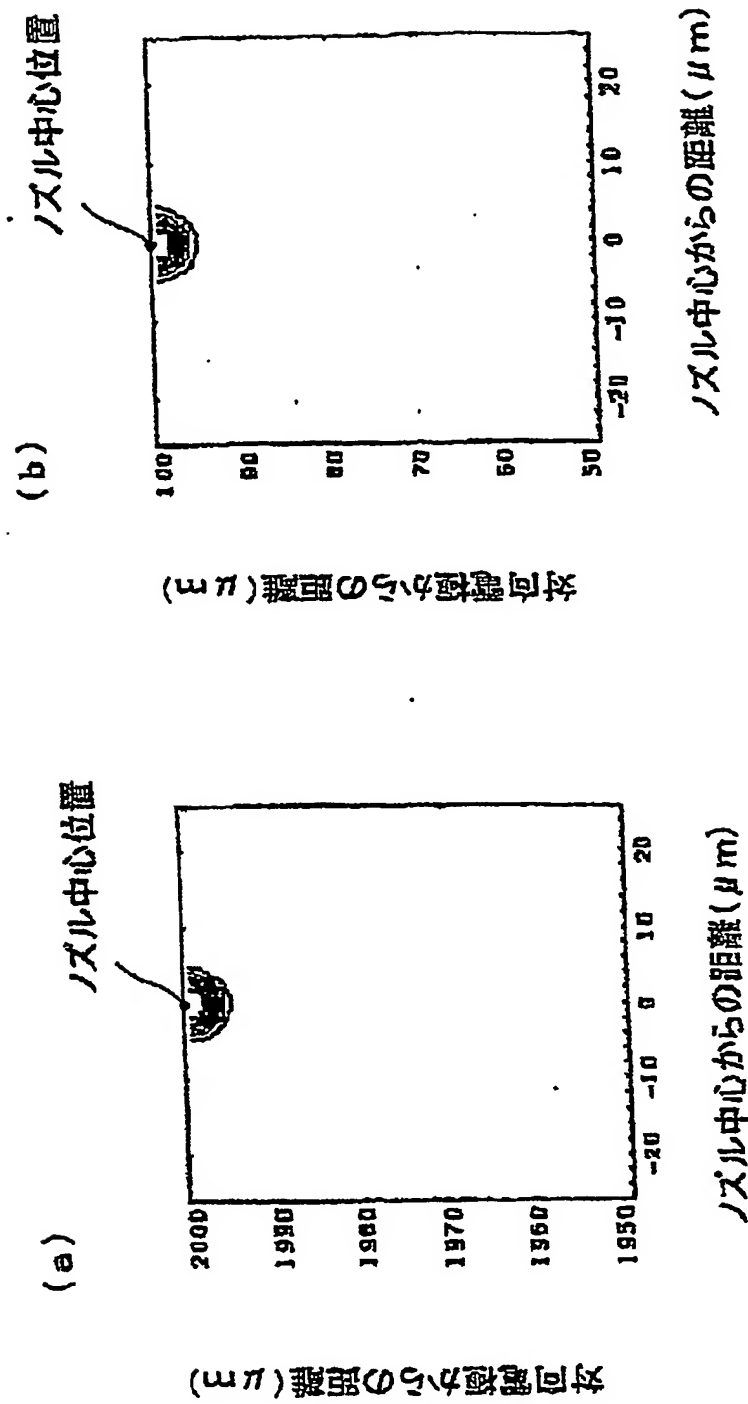
100 液体吐出ヘッド

1 0 2	液室構造
1 0 1	溶液供給チャネル
1 0 4	ノズルプレート
1 0 3	ノズル
1 0 6	第一の液室隔壁（圧電素子、凸状メニスカス形成手段）
1 0 7	第二の液室隔壁（圧電素子、凸状メニスカス形成手段）
1 2 1	制御電極
1 4 1	基板
1 4 2	吐出電極
1 4 3	ノズル層
1 4 3'	レジスト層（感光性樹脂層）
1 4 5	ノズル内流路
2 5	吐出電圧印加手段

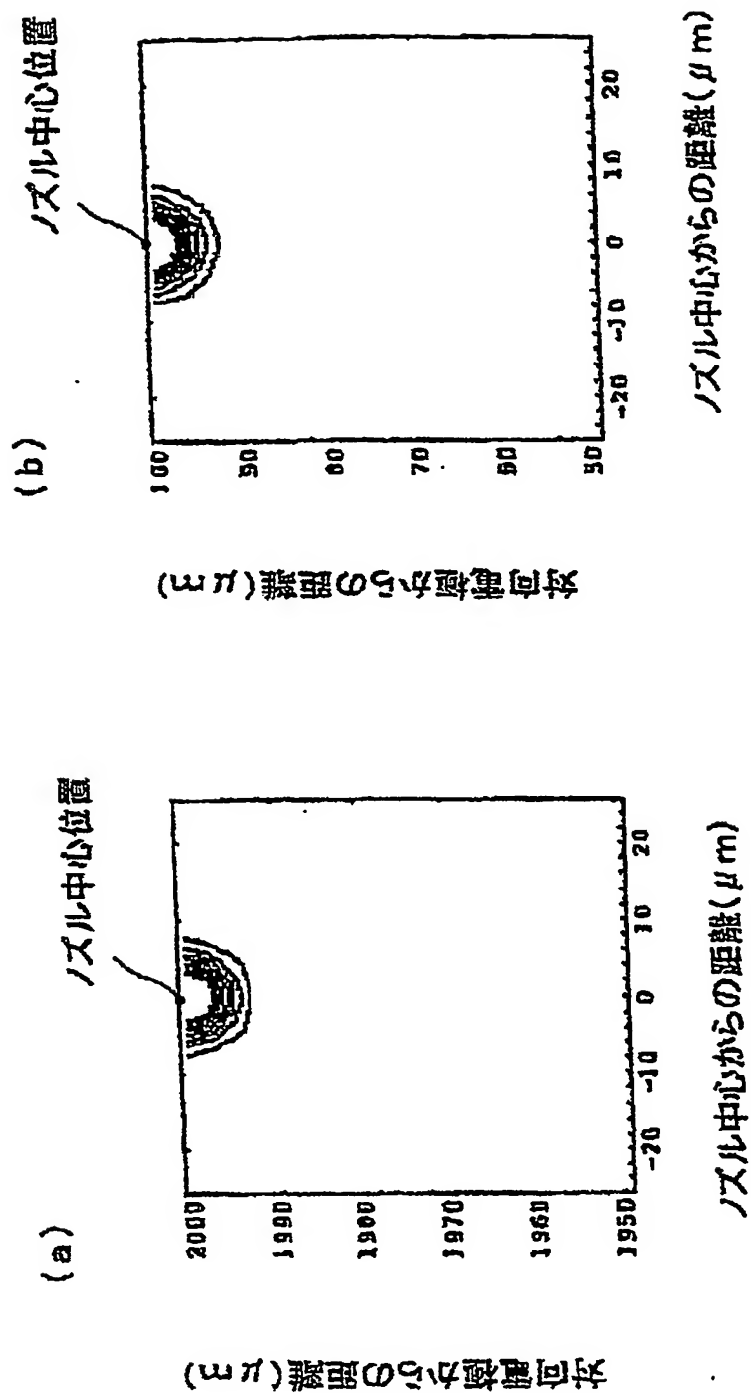
【書類名】図面
【図 1】



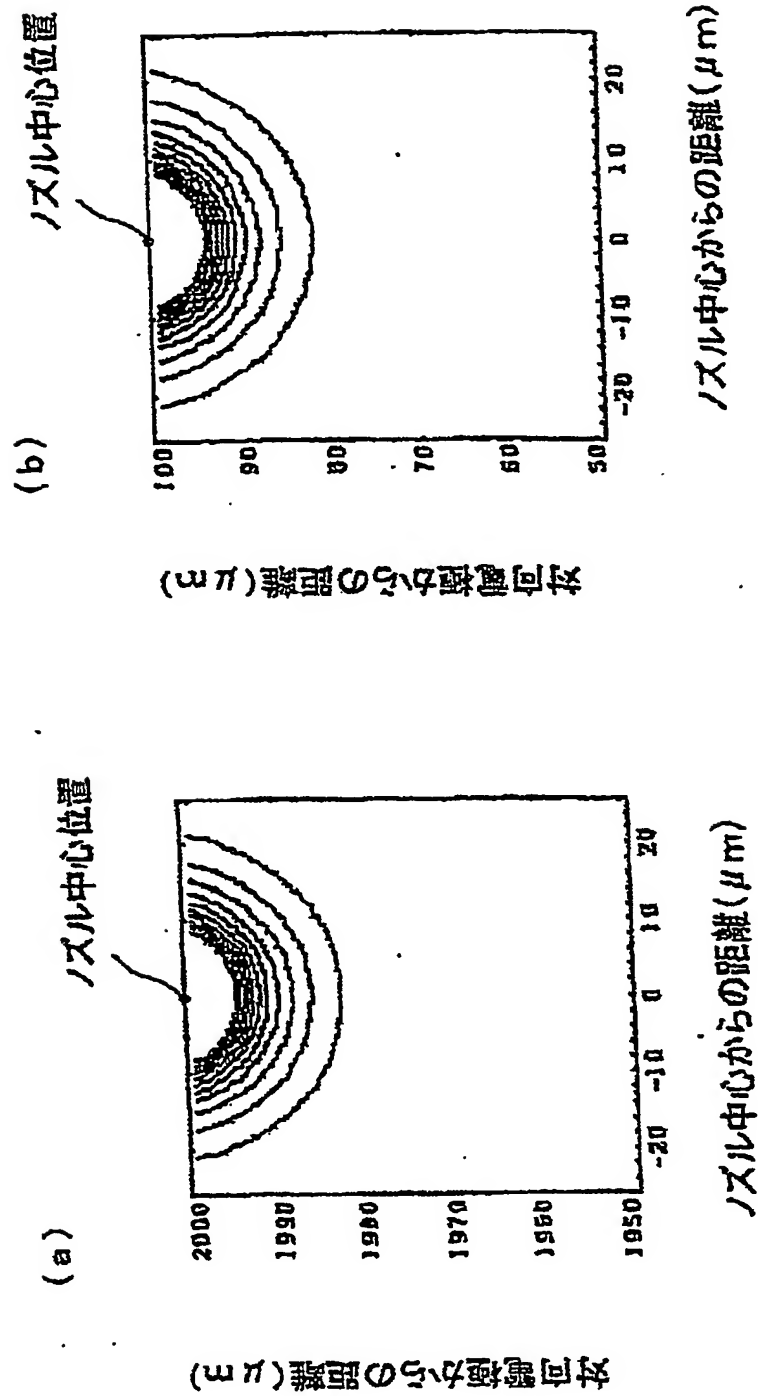
【図 2】



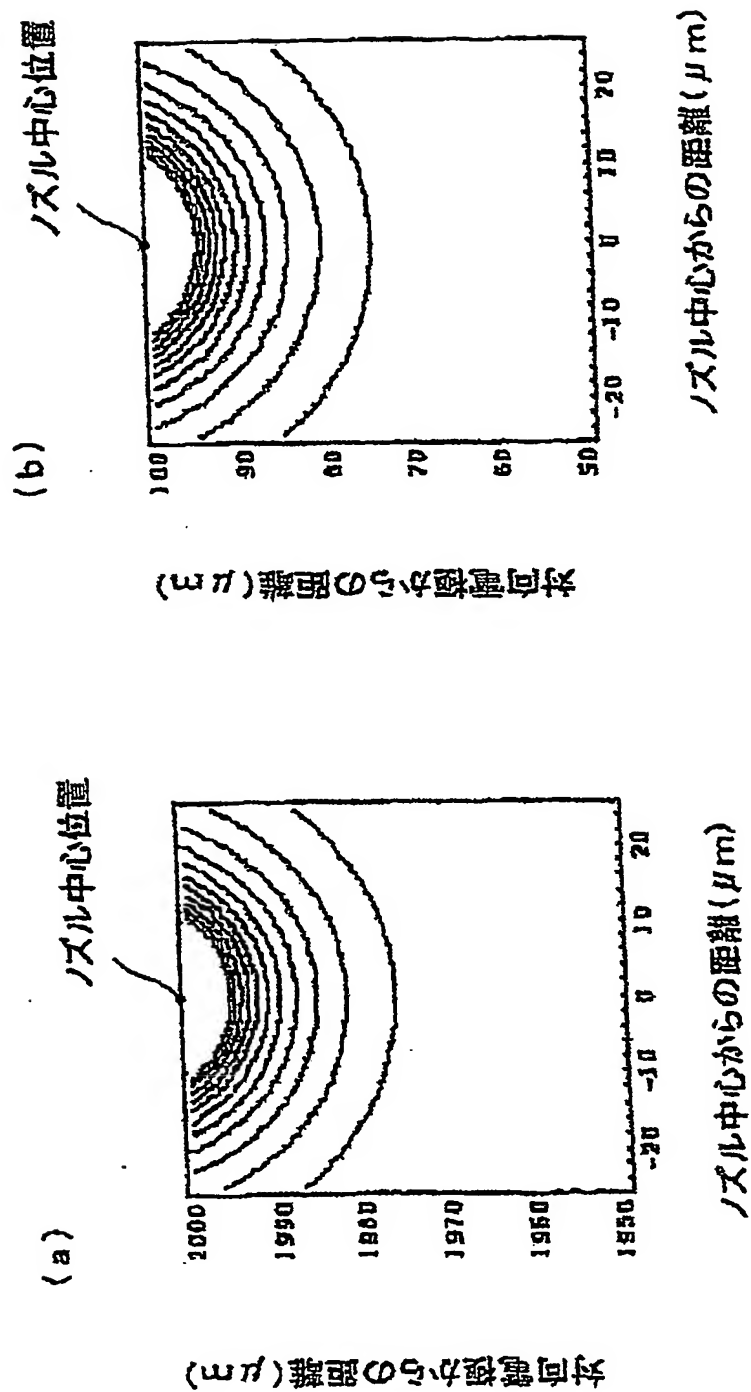
【図 3】



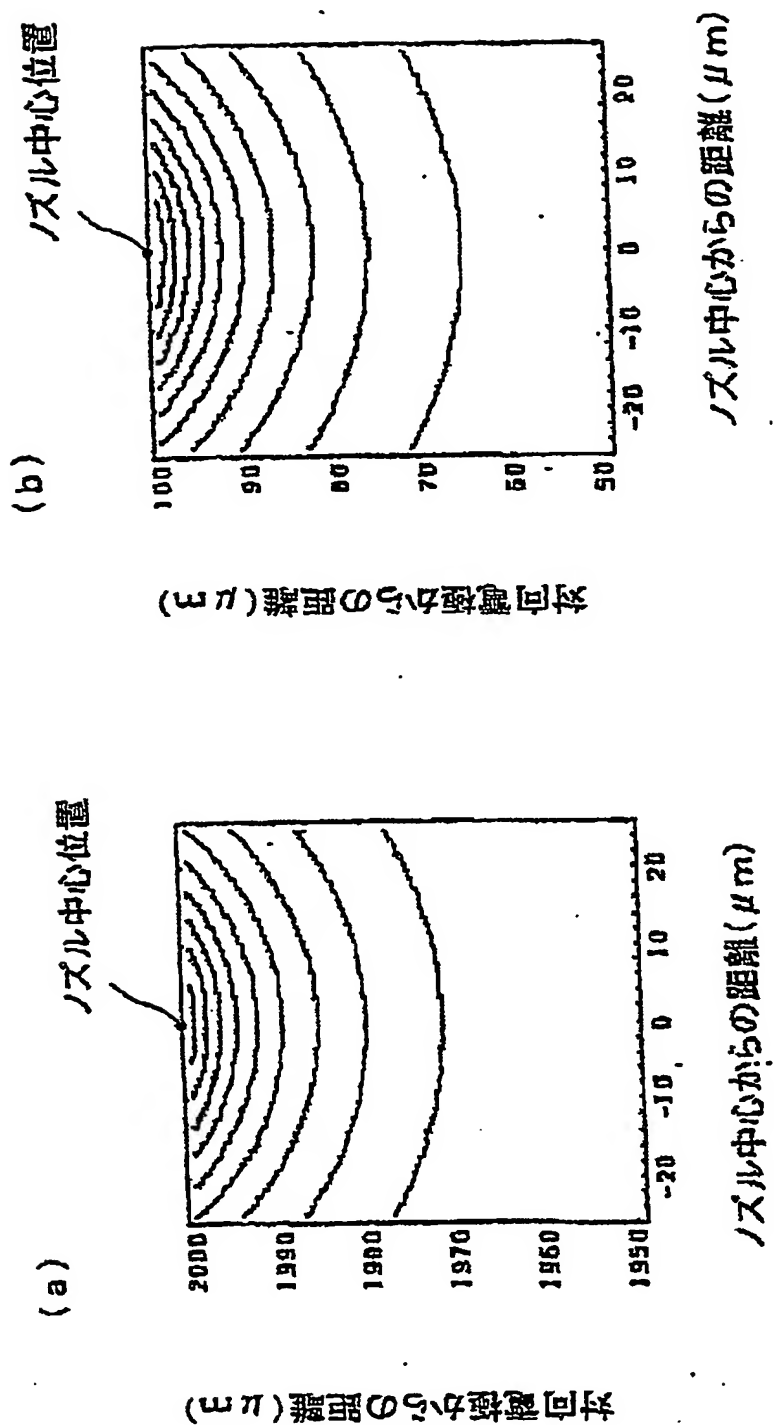
【図 4】



【図5】



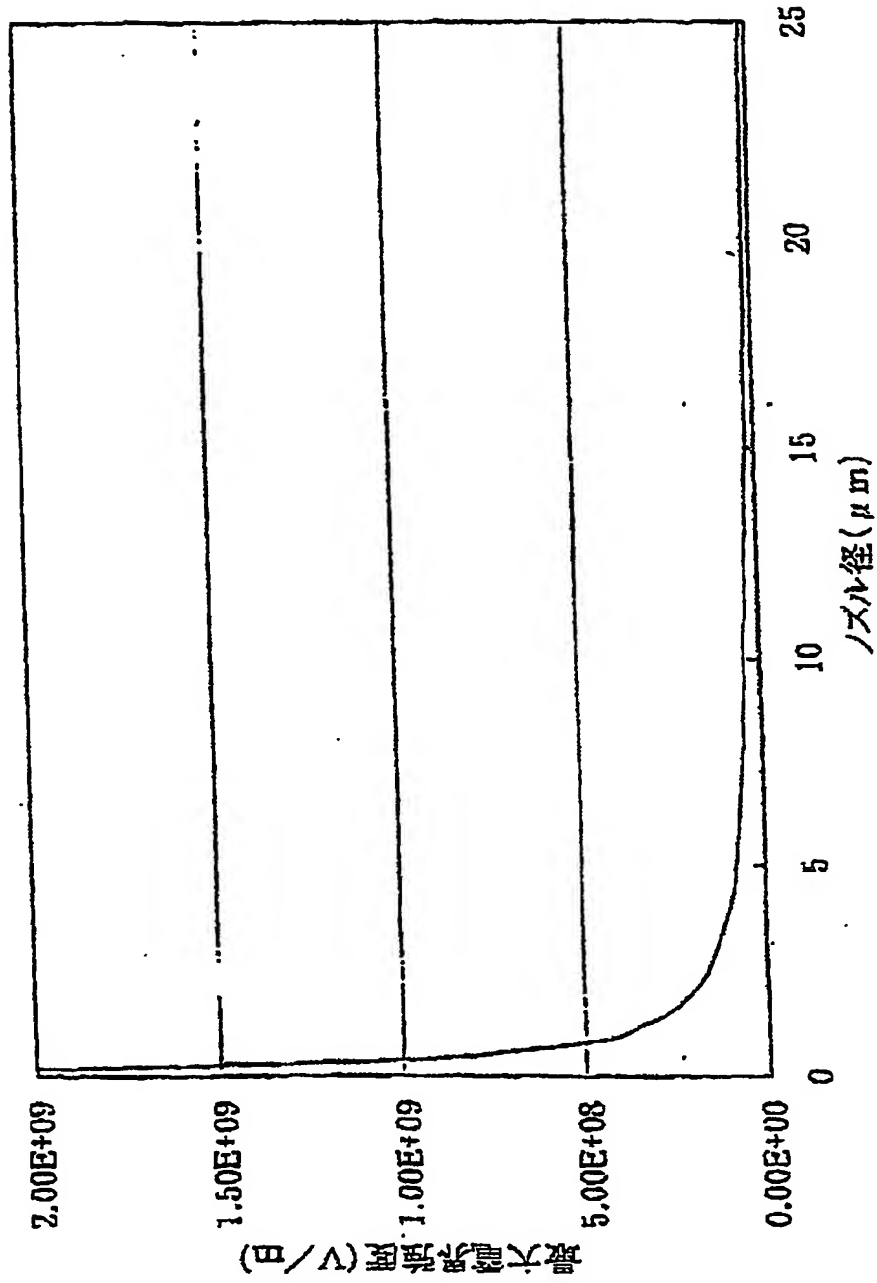
【図 6】



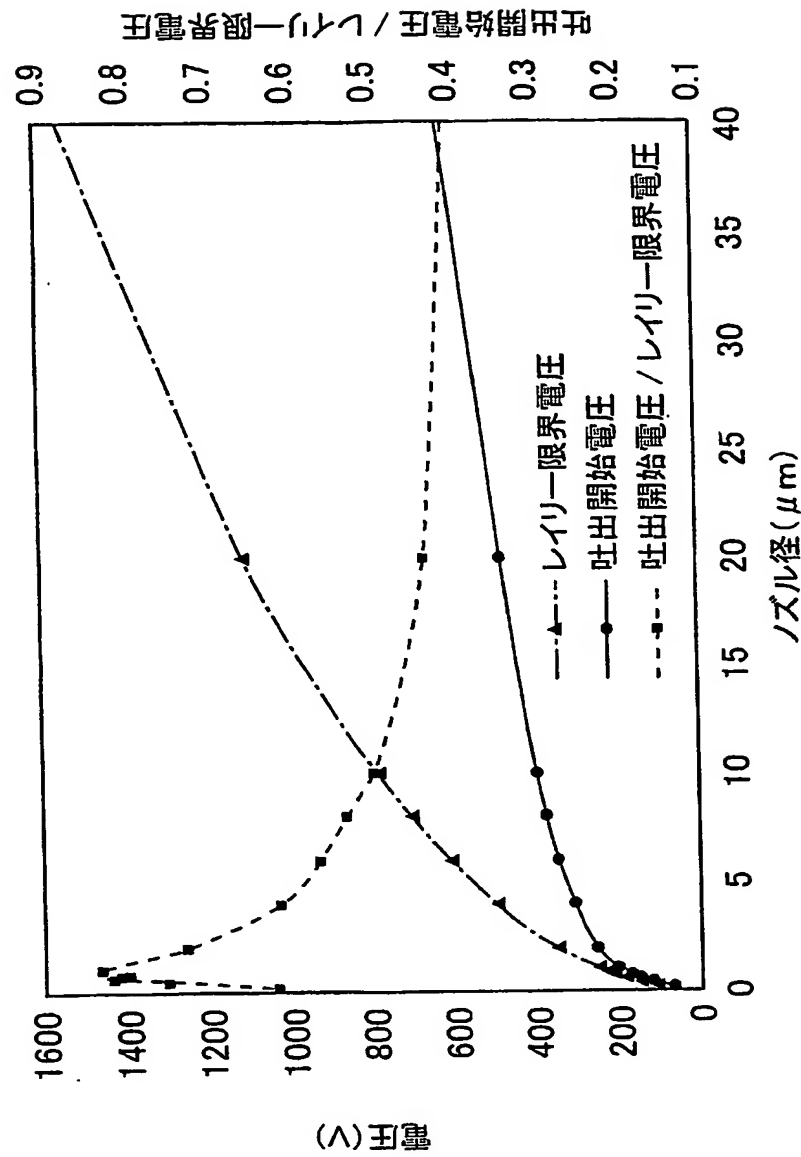
【図 7】

ノズル径 (μm)	最大電界強度 (V/m)		変動率 (%)
	ギャップ 100 (μm)	ギャップ 2000 (μm)	
0.2	2.001×10^9	2.00005×10^9	0.05
0.4	1.001×10^9	1.00005×10^9	0.09
1	0.401002×10^9	0.40005×10^9	0.24
8	0.0510196×10^9	0.05005×10^9	1.94
20	0.0210476×10^9	0.0200501×10^9	4.98
50	0.00911111×10^9	0.00805×10^9	13.18

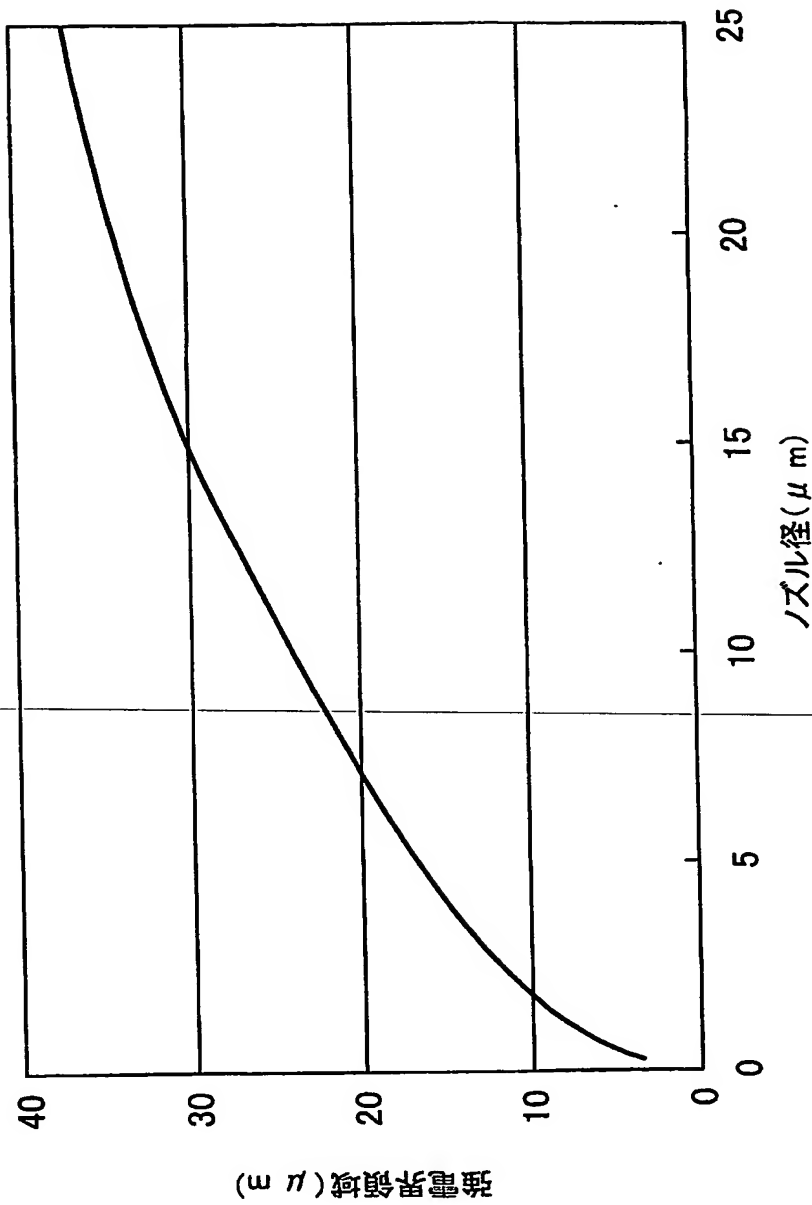
【図 8】



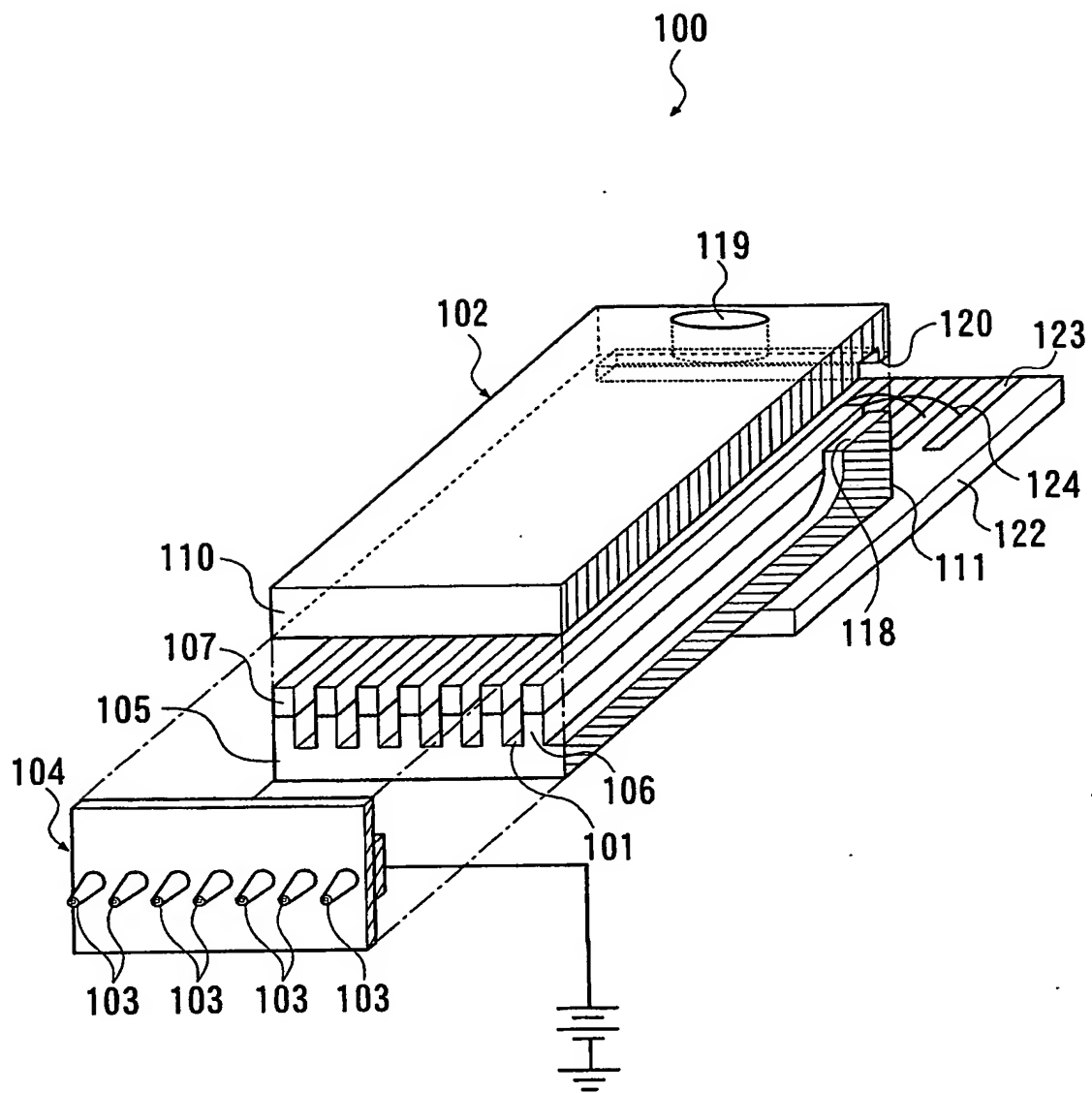
【図 9】



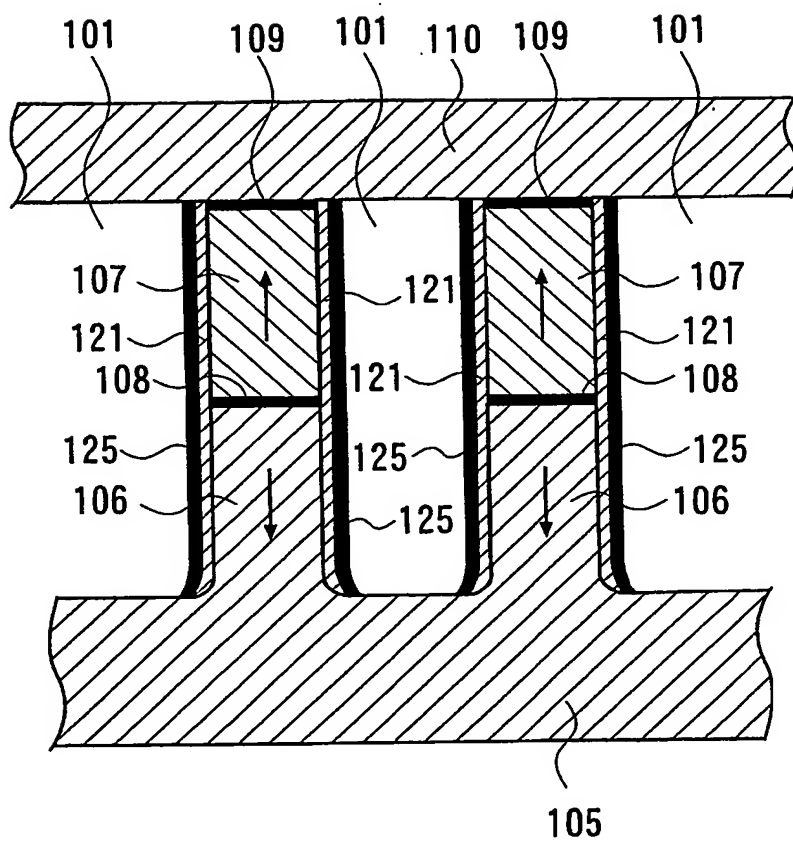
【図 10】



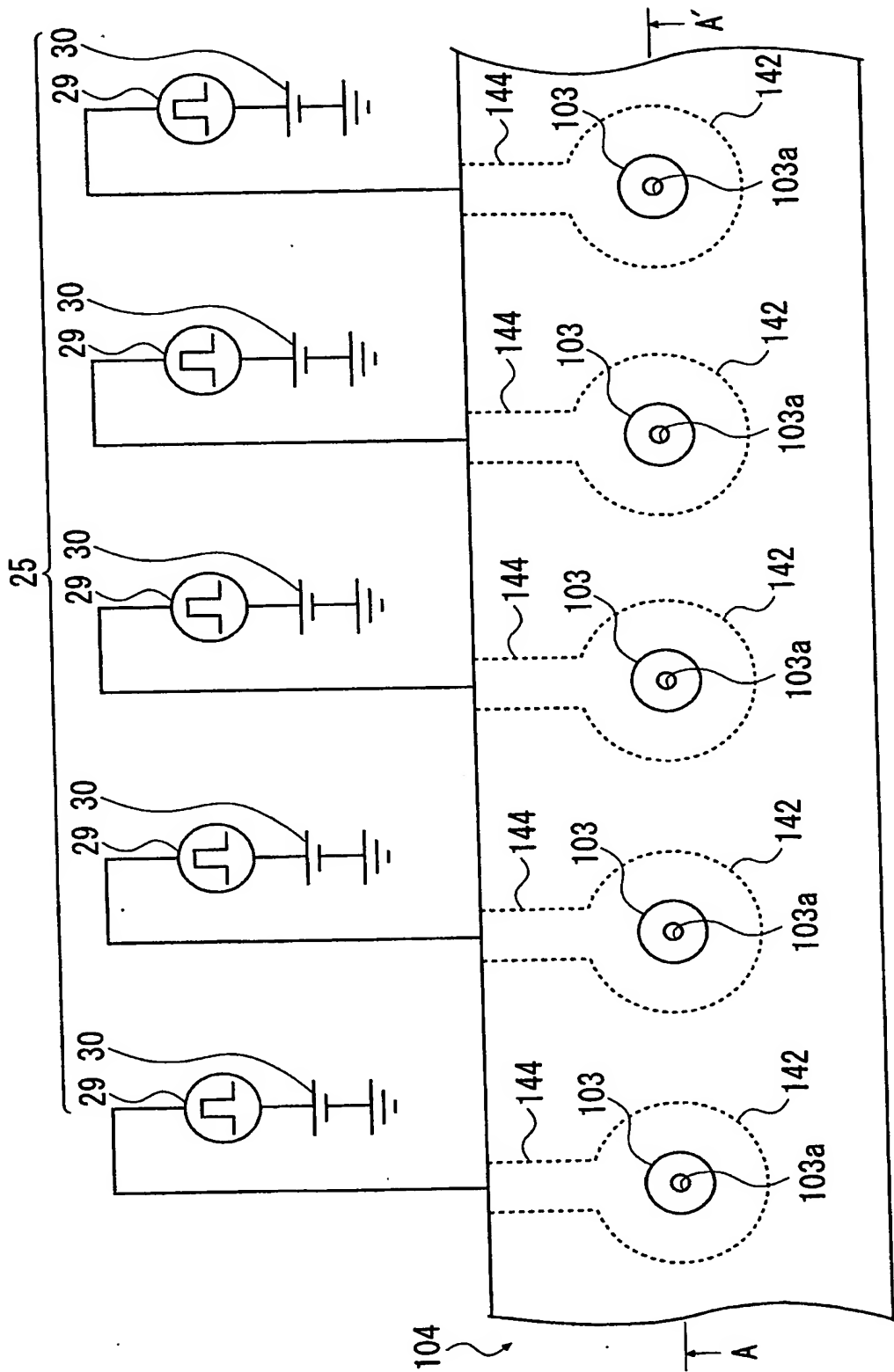
【図 11】



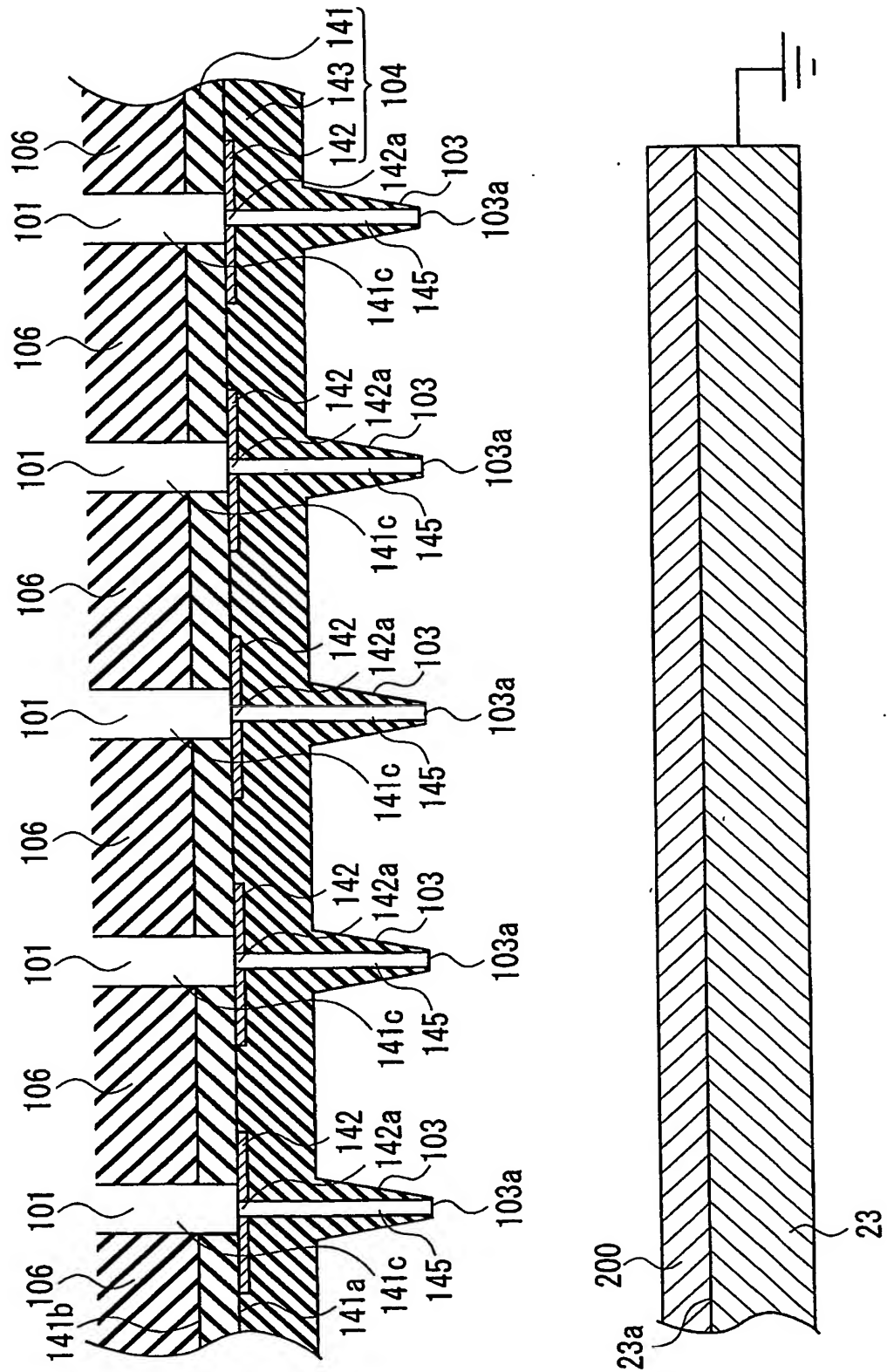
【図 12】



【図 13】

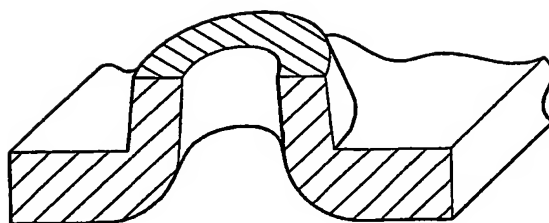


【図 14】

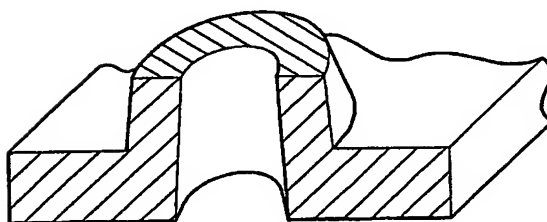


【図 15】

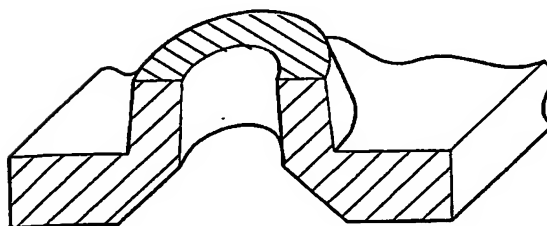
(A)



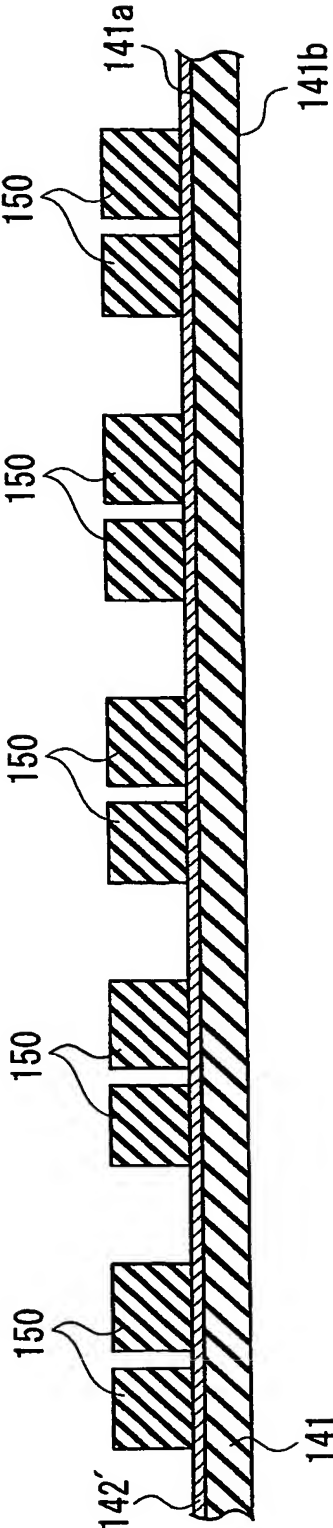
(B)



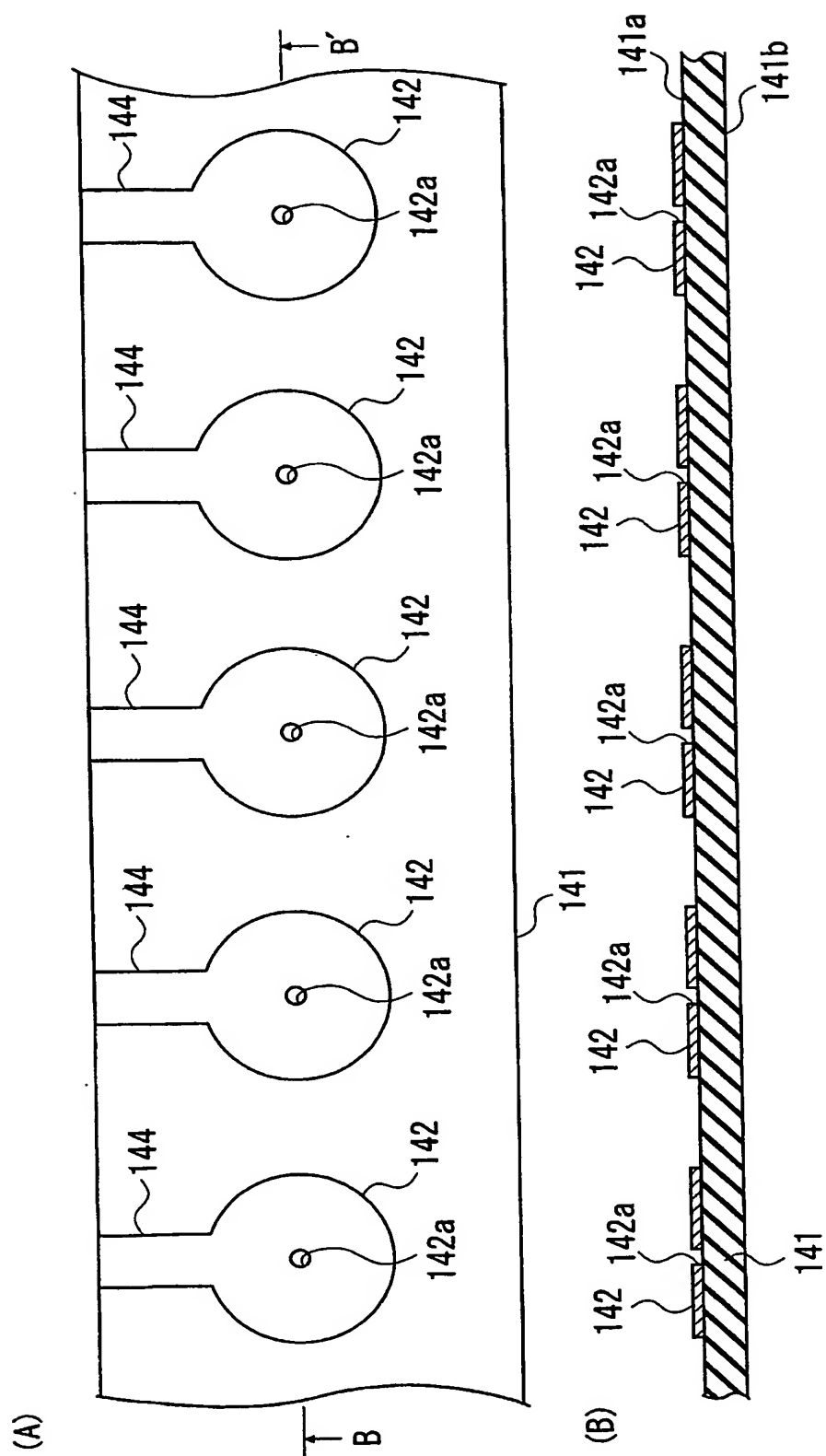
(C)



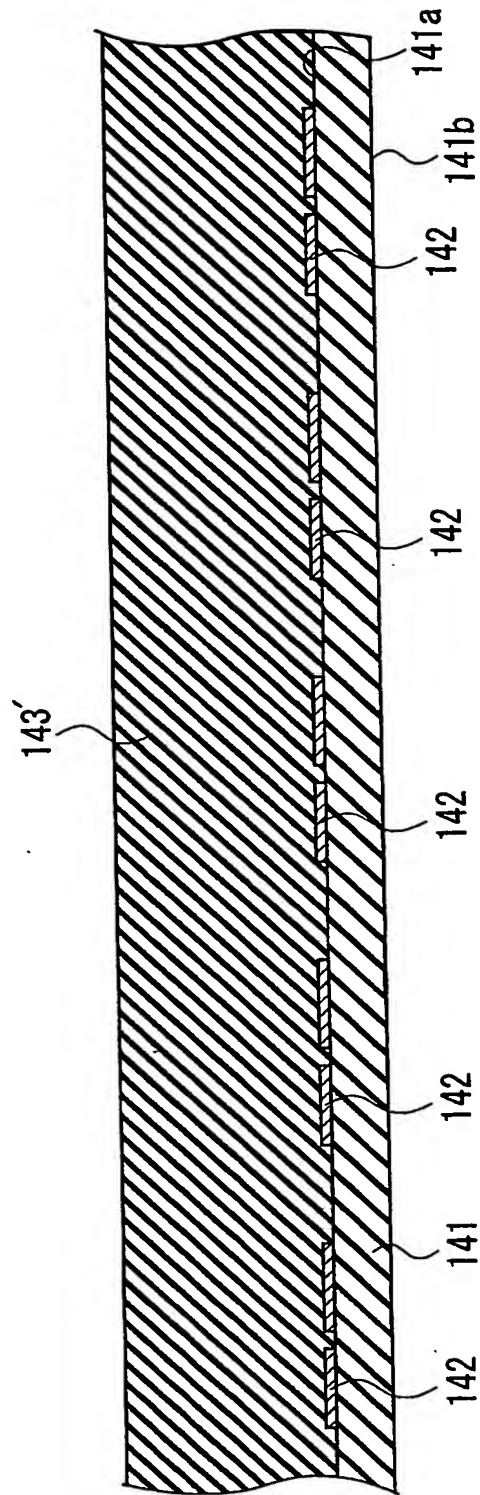
【図 16】



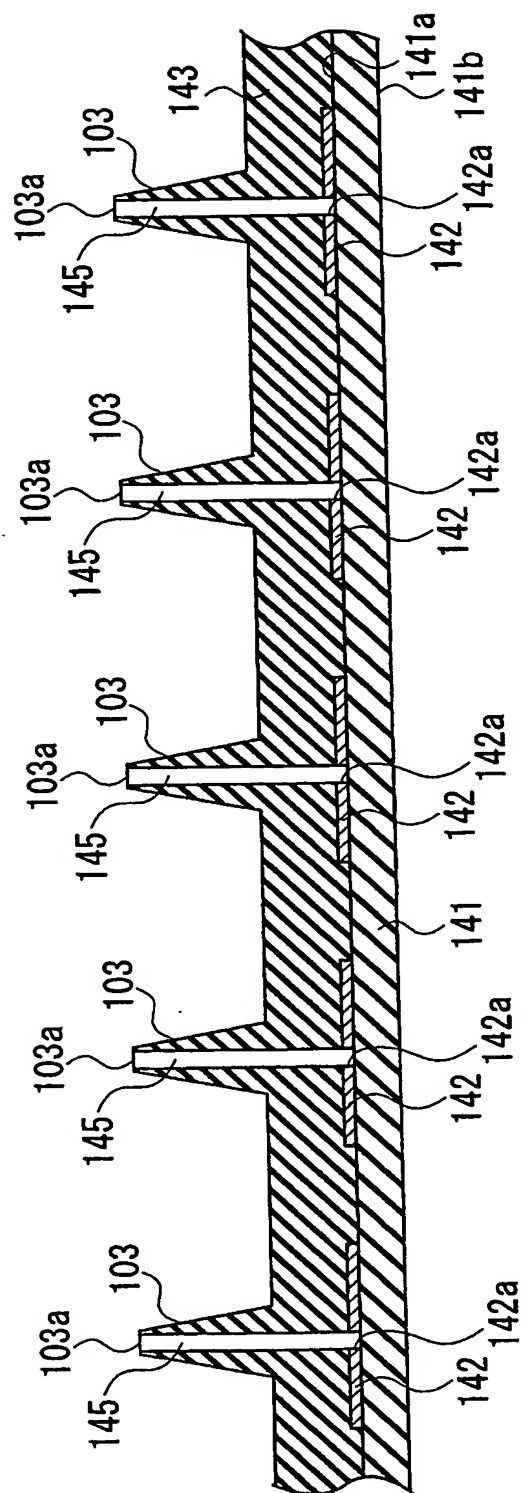
【図 17】



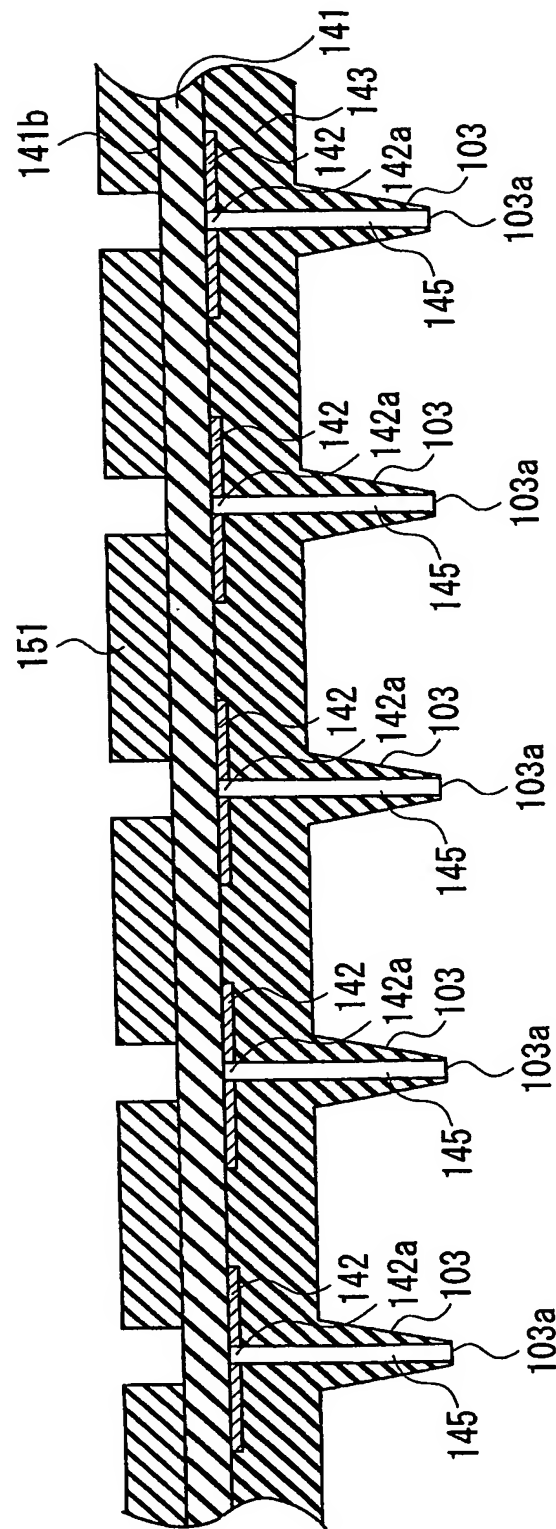
【図 18】



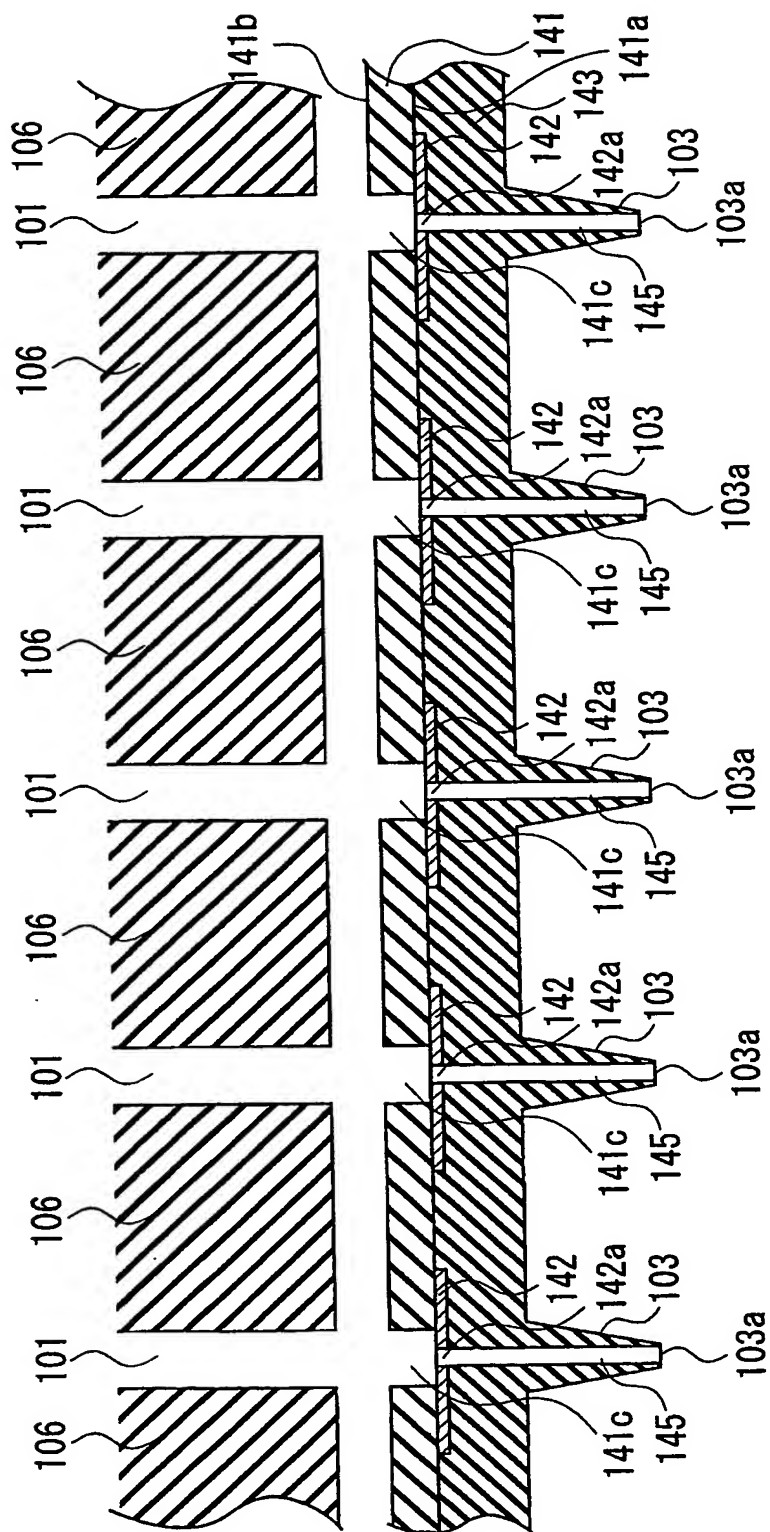
【図 19】



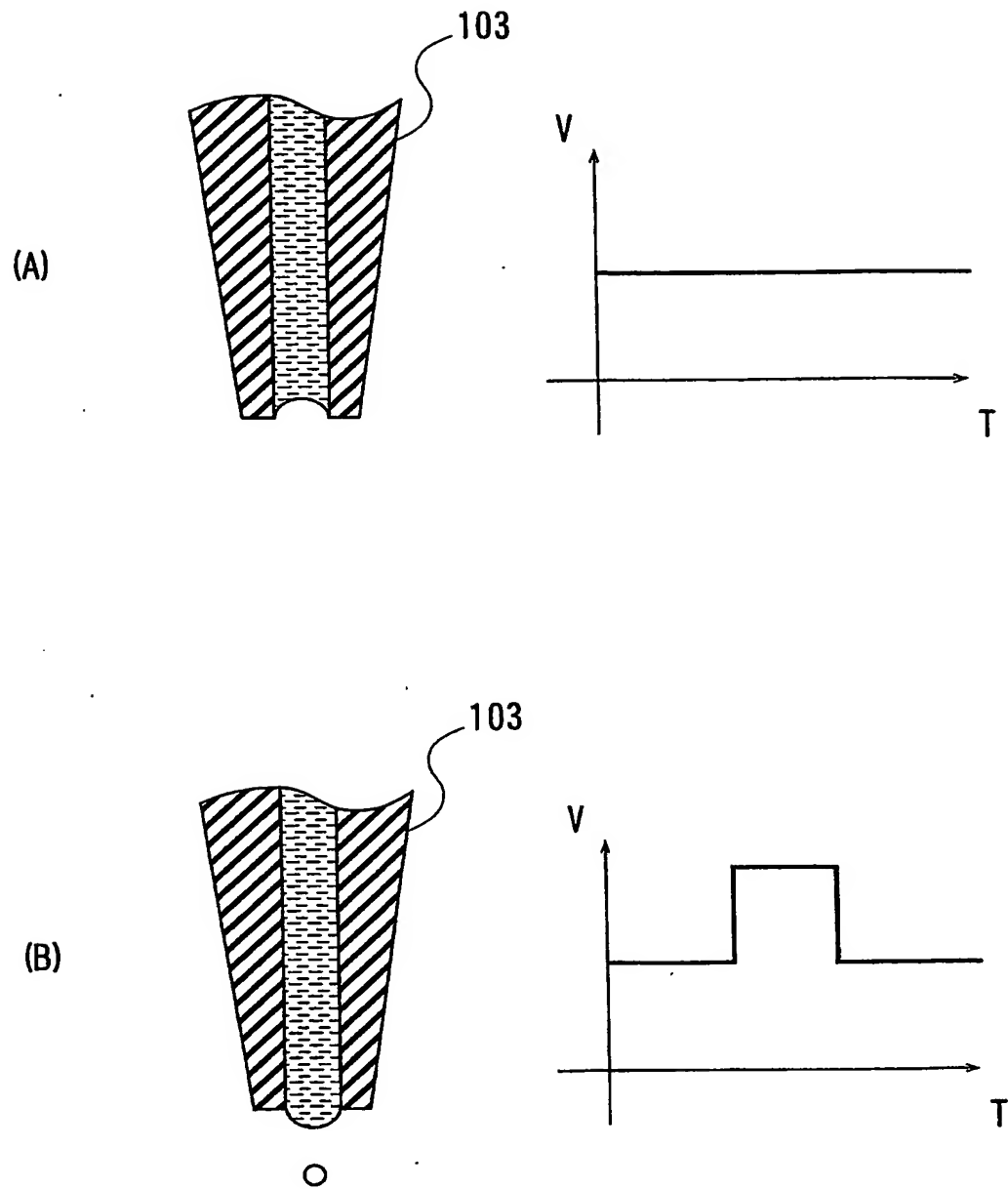
【図 20】



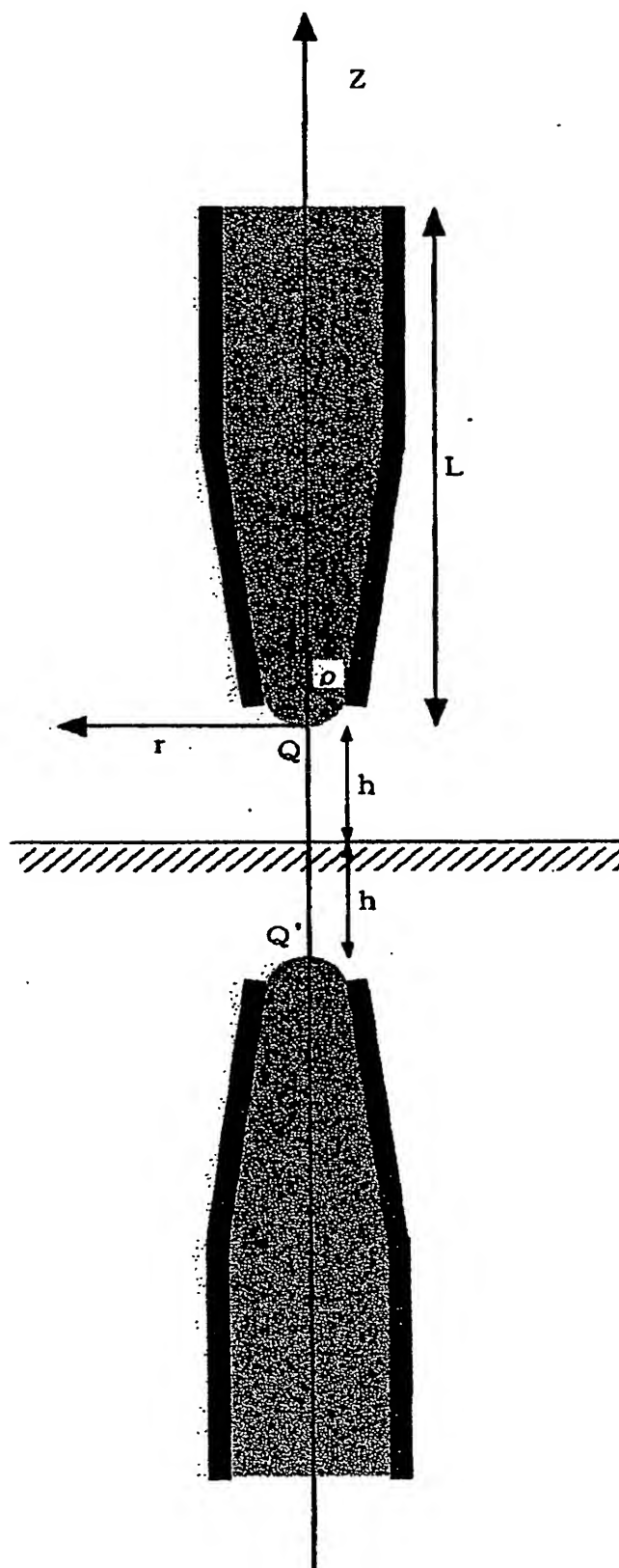
【図 21】



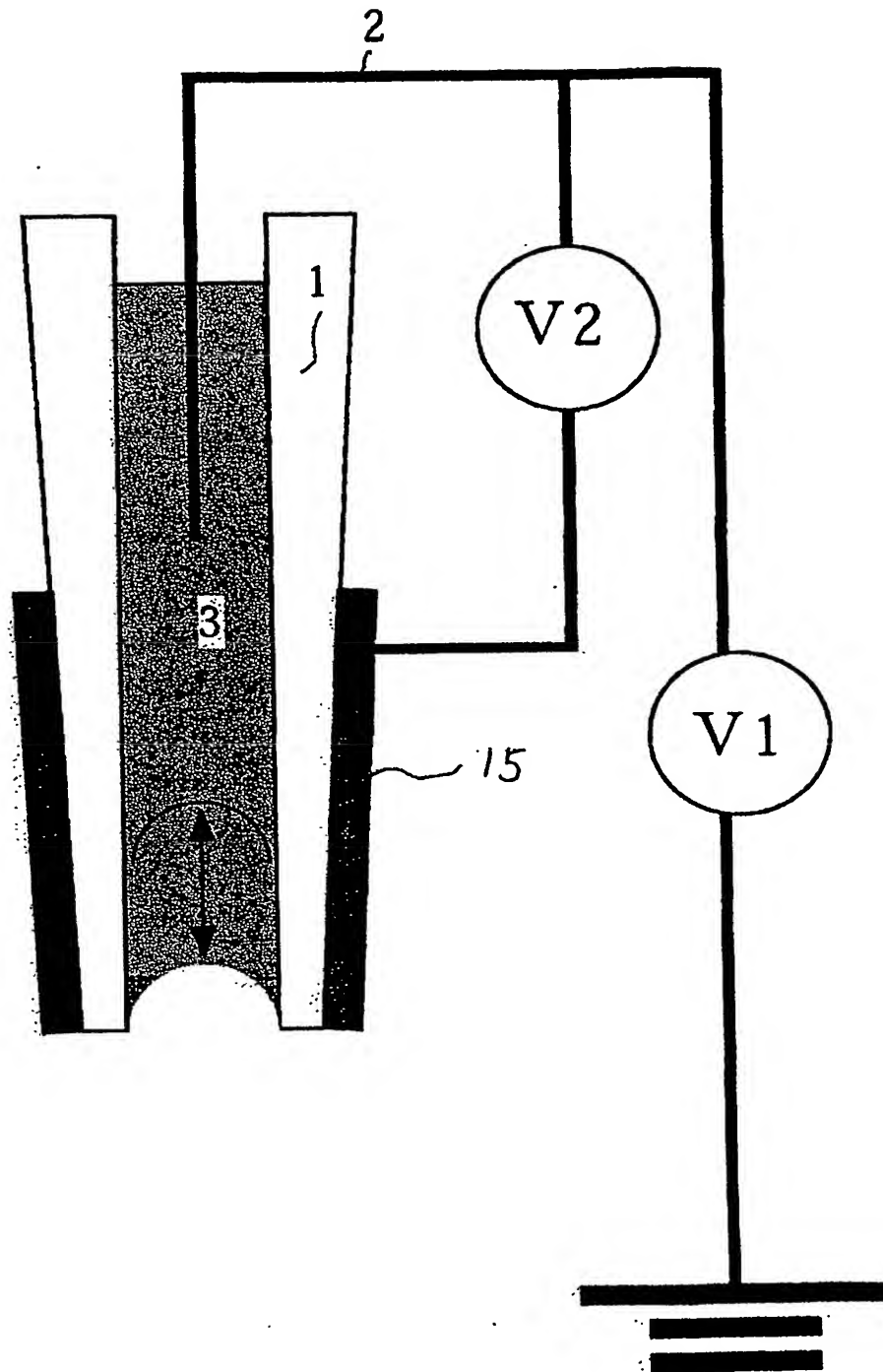
【図 22】



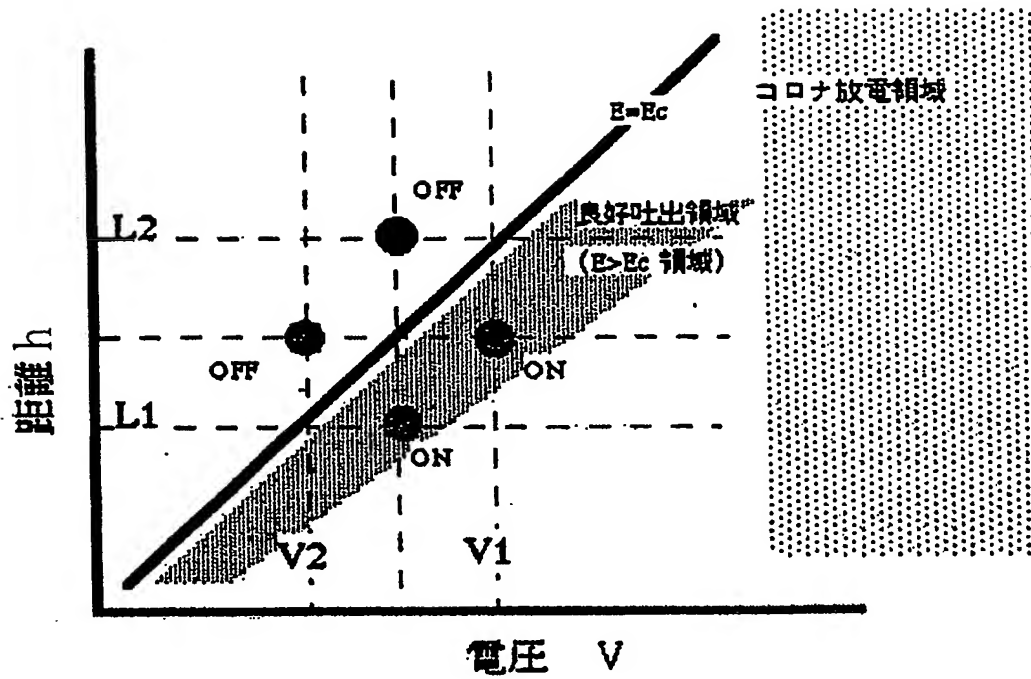
【図 23】



【図 24】



【図 25】



【書類名】要約書

【要約】

【課題】 ノズルに先端部から溶液を液滴として噴出するヘッドにおいて、ノズル内の電極に印加すべき吐出電圧を低減し、ノズルをマルチ化することである。

【解決手段】 まず、成膜工程、フォトリソグラフィ工程及びエッチング工程を経て基板 141 上に複数の電極 142, 142, …を形成する。次に、電極 142, 142, …全体を被覆するようにして基板 141 上にレジスト層 143' を形成し、レジスト層 143' を露光・現像することによって、レジスト層 143' をそれぞれの電極 142 に対応させて基板 141 に対して立設した超微小径のノズル 103 に形成するとともに、それぞれのノズル 103 内にノズル内流路 145 を形成する。

【選択図】 図 14

特願 2003-293418

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000001270]

- | | |
|----------|---------------------|
| 1. 変更年月日 | 2003年 8月 4日 |
| [変更理由] | 名称変更 |
| 住 所 | 東京都新宿区西新宿1丁目26番2号 |
| 氏 名 | コニカミノルタホールディングス株式会社 |
| | |
| 2. 変更年月日 | 2003年 8月 21日 |
| [変更理由] | 住所変更 |
| 住 所 | 東京都千代田区丸の内一丁目6番1号 |
| 氏 名 | コニカミノルタホールディングス株式会社 |

特願 2003-293418

出願人履歴情報

識別番号

[000005049]

1. 変更年月日

1990年 8月29日

[変更理由]

新規登録

住 所

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

氏 名

シャープ株式会社

特願 2003-293418

出願人履歴情報

識別番号

[301021533]

1. 変更年月日

2001年 4月 2日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都千代田区霞が関1-3-1

氏 名

独立行政法人産業技術総合研究所

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.